

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11289296 A**

(43) Date of publication of application: 19.10.99

(51) Int. Cl.

**H04B 10/02****G02F 1/11****H04B 10/17****H04B 10/16****H04J 14/00****H04J 14/02**

(21) Application number: 10090383

(22) Date of filing: 02.04.98

(71) Applicant: **FUJITSU LTD**

(72) Inventor:  
**ONAKA HIROSHI**  
**MIYATA HIDEYUKI**  
**OTSUKA KAZUE**  
**KAI TAKETAKA**  
**NAKAZAWA TADAO**  
**CHIKAMA TERUMI**

(54) OPTICAL TRANSMISSION EQUIPMENT,  
 OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM AND  
 OPTICAL TERMINAL STATION

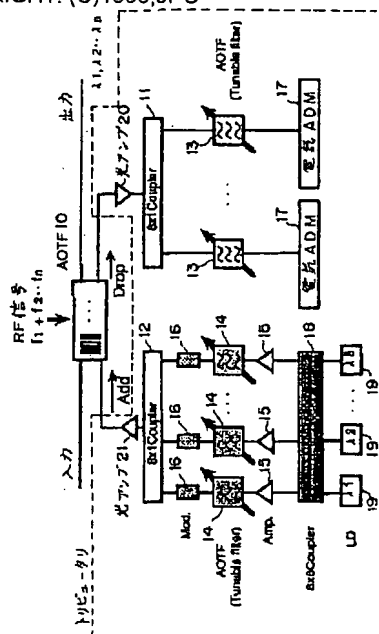
extracted from a through optical signal by the AOTF 10.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical wavelength multiplex network using an AOTF and having high reliability and high cost performance and a device to be used for the network.

**SOLUTION:** In the case of constituting an OADM device in an OADM system, an AOTF 10 is used. The AOTF 10 can select an optional wavelength by changing the frequency of an RF signal to be impressed. The AOTF 10 can drop an optical signal of specific wavelength out of a wavelength multiplex optical signal inputted from an input or synthesize a wavelength multiplex signal inputted from an addport with a through optical signal. In practical device constitution, it is realistic to use the AOTF 10 only for drop while considering the increment of coherent crosstalk. Or in another method, a dropped optical signal is branched by a photocoupler, wavelength is selected by a tributary station and the wavelength selected by the tributary station is



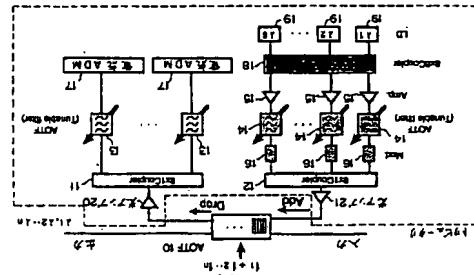
(51) Int. Cl. <sup>8</sup> H04B 10/02 G02F 1/11 H04B 10/17 H04B 10/16 H04J 14/00	識別記号 H04B 9/00 U G02F 1/11 J H04B 9/00 E H04J 14/00	特許請求の範囲
(21) 出願番号 特願平10-90383	(71) 出願人 000005223 富士通株式会社	(1) 特許請求の範囲
(22) 出願日 平成10年(1998)4月2日	神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 尾中 寛 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 宮田 英之 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 井理士 大智 義之 (外1名)	【請求項1】 WDM通信システムにおいて、任意の波長の光信号を分岐したり、挿入したりする光伝送装置であって、 分岐・挿入すべき光信号のうち、一部の光信号について分岐・挿入動作を行う第1の可変波長選択フィルタと、 前記第1の可変波長選択フィルタで選択されなかった、分岐・挿入すべき光信号について分岐・挿入動作を行う第2の可変波長選択フィルタとの少なくとも2つの可変波長選択フィルタを備え、 複数の可変波長選択フィルタを用いて分岐・挿入すべき光信号の全てを分岐または挿入することを特徴とする光伝送装置。 【請求項2】 前記第1及び第2の可変波長選択フィルタは、表面弾性波の作用を利用した1個のAOTF、もしくは該AOTFを複数段カスケード接続したものであることを特徴とする請求項1に記載の光伝送装置。 【請求項3】 前記第1の可変波長選択フィルタで処理する波長と前記第2の可変波長選択フィルタで処理する波長が分岐・挿入されるべき光信号の波長を短波長側から番号を付けたときの奇数番目と偶数番目の波長に対応する波長であることを特徴とする請求項1に記載の光伝送装置。 【請求項4】 前記第1及び第2の可変波長選択フィルタでは分岐の機能だけを持ち、挿入すべき光信号を第1及び第2の可変波長選択フィルタを通過した透過光信号に光合波器を用いて合波させることを特徴とする請求項1に記載の光伝送装置。 【請求項5】 前記第1の可変波長選択フィルタで分岐された光信号と、前記第2の可変波長選択フィルタで分岐した光信号とを合波する合波器を備えることを特徴とする請求項4に記載の光伝送装置。 【請求項6】 前記第1の可変波長選択フィルタの分岐光を出力するポートと、前記第2の可変波長選択フィルタの分岐光信号とを合波するための合波器の間に可変光アッテネータを持ち、これにより前記第1の可変波長選択フィルタの分岐光信号のパワーを前記第2の可変波長選択フィルタの分岐光信号のパワーとほぼ同一になるように調整するように構成されたことを特徴とする請求項5に記載の光伝送装置。 【請求項7】 前記第1及び第2の可変波長選択フィルタで分岐された光信号を合波する前記合波器の出力ポートに光スプレッドモジュールを接続して、分岐された光信号の有無・波長・パワーを監視することを特徴とする請求項5に記載の光伝送装置。 【請求項8】 前記第1及び第2の可変波長選択フィルタの分岐されない光信号を出力する透過ポートに前記第1及び第2の可変波長選択フィルタ内部を光信号が伝播することによって生じる偏波分岐を打ち消す手段を備えることを特徴とする請求項1に記載の光伝送装置。

(54) 【発明の名称】 光伝送装置、光伝送システム及び光端局

(57) 【要約】

【課題】 AOTFを使用した信頼性、及びコストパフォーマンスの良い光波長多重ネットワーク及びそのための装置を提供する。  
【解決手段】 OADMシステムにおいて、OADM装置を構成する際、AOTF10を使用する。AOTFは印加するRF信号の周波数を変えることによって、任意の波長を選択することができる。入力から入ってきた波長多重光信号の中から特定の波長の光信号をドロップしたり、アドポートから入力された波長多重光信号をスルー光信号と合波することができる。ただし、コヒーレントロスと合波することができ、波長の範囲構成においては、AOTFをドロップ専用で使用することが現実的である。あるいは、他の方法においては、ドロップ光信号は光カプラで分岐し、波長をトリビュタリ局で選択するようにし、トリビュタリ局で選択された波長をAOTFでスルー光信号から抽出するようにする。

AOTFを用いたOADM装置の基本的な構成



ルタで挿入されるべき光信号に対応する波長の分岐操作を行うことを特徴とする請求項10又は11に記載の光伝送装置。

【請求項17】 WDM光通信システムにおいて、分岐及び挿入すべき光信号を分岐・挿入する光伝送装置から分岐した光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装置に伝送する光増幅器であって、

所定の波長の光信号を、所望の数だけ合波し、挿入すべき光信号として前記光伝送装置へ伝送する光合波器を備えることを特徴とする光増幅器。

【請求項18】 前記光合波器の後段に分散補償器を備え、伝送路の分散を最適に補償することを特徴とする請求項17に記載の光増幅器。

【請求項19】 伝送に用いるすべての信号波長に対応する複数の光線を備え、該複数の光源の出力光を合波する合波器と、

該合波器による損失を補償する光増幅器と、

伝送に用いる最大の信号波長を最大とする所望の数まで光を分散する分岐器と、

該分岐器により分散されたそれぞれの光について、所定の光波長を選択する光可変フィルタと、

該選択された光に変調信号を印加することによって任意数任意波長の光信号を生成し、前記光伝送装置に挿入すべき光信号として伝送する手段と、を備えることを特徴とする請求項17に記載の光増幅器。

【請求項20】 伝送路から伝送されてきた波長多重光信号のうち、所定の波長の光信号を分岐し、対応する波長の光信号を挿入する光伝送装置と、該光伝送装置から分岐された光信号を受信し、挿入すべき光信号を該光伝送装置に伝送する光増幅器とからなる光伝送システムにおいて、

該光伝送装置で分岐された光信号を必要に応じて増幅する光増幅器と、

該光信号を所望の数までパワー分岐する光分岐器と、該光分岐器の出力のそれぞれに光フィルタとを備え、前記光増幅器は所定の光波長の信号を選択して受信することとを特徴とする光伝送システム。

【請求項21】 前記分岐器の出力のそれぞれに備える光フィルタと、選択波長を可変することのできる可変光フィルタと、前記光増幅器で任意の波長の光信号を選択して受信することを特徴とする請求項20に記載の光伝送システム。

【請求項22】 分岐器の出力に備える可変光フィルタとして、1個のAO TF、もしくは該AO TFを複数段にカスケード接続したものを使用し、該AO TFを選択する請求項21に記載の光伝送システム。

【請求項23】 前記光伝送装置において、伝送路への出力ポートにモニタ用の分岐ポートを設け、光信号の有無・波長・パワーを監視すると同時に、所望の波長の光信号を分岐するための波長選択フィルタへの制御信号の印

【請求項24】 AO TF通過後の光増幅器と光パワーを逐次モニタする光スペクトルモニタを備え、該AO TFを駆動するRFF周波数とRFFパワーにフィードバックをかけることで、分岐・挿入される光信号が常に最適な波長と光パワーになるように制御を行うことを特徴とする請求項23に記載の光伝送装置。

【請求項25】 該AO TFの動作温度にフィードバックをかける温度制御回路を備え、

該光スペクトルモニタによる該AO TF通過後の光信号の波長及びパワーを逐次モニタした結果を用いて、該温度制御回路が該AO TFを制御して、分岐・挿入されるべき光信号が常に最適な波長と光パワーとすることを特徴とする請求項24に記載の光伝送装置。

【請求項26】 上りと下りの2システム分もしくは複数の面所的光スペクトルモニタをモニタするために光スイッチを用いて1台の光スペクトルモニタへの入力を入れ替えて使用する構成を持つことを特徴とする請求項24に記載の光伝送装置。

【請求項27】 AO TFによって選択された選択光を光ケーブルを用いて分岐し、フォトディテクタで光パワーをモニタし、常にフォトディテクタの受光パワーが最大になるようにAO TFに印加するRFF周波数もしくはRFFパワーを制御し、光波長、光パワーの変動あるいはAO TFの特性変動に追従可能なように構成されたことを特徴とする請求項22に記載の光伝送装置。

【請求項28】 フォトディテクタで受光する際に光波長の中心位置を判別するため、あるいは最適RFFパワーを判別するために、RFF周波数に低周波重畳をかけることを特徴とする請求項27に記載の光伝送装置。

【請求項29】 伝送路から光信号を分岐、あるいは伝送路へ光信号を挿入する光伝送装置と、該光伝送装置から分岐された光信号を受信し、該光伝送装置に挿入すべき光信号を送信する増幅器とからなる光ネットワークにおいて、

該増幅器の受信側の1波選択用AO TFに所定のRFF周波数を印加し、該1波選択用AO TFが安定化したことを確認した後、該光伝送装置の分岐・挿入用AO TFに所定のRFF周波数を印加して所定の光信号が分岐されたことを確認した後、該増幅器の1波挿入用AO TFに所定のRFF周波数を印加し、1波挿入用AO TFの動作が安定し、且つ、光スペクトルモニタで監視した挿入すべき光信号が

所定の光波長と光パワーにように制御した後に、該増幅器の光伝送装置を駆動するシーケンス処理を有することとを特徴とする光伝送システム。

【請求項30】 該光伝送装置では、光信号を分岐、挿入するに際して、挿入する光信号の波長を所定の波長と一致させること以外には常にAO TFにRFF信号を印加して光信号を分岐し、おき、該増幅器では、1波分岐用AO TFにRFF信号を印加しないことと、伝送路中のASEを削減し、パズなし状態を作り出すことを特徴とする請求項29に記載の光伝送システム。

【請求項31】 各波長の光信号間にレベル差が発生している場合は、該光伝送装置では、光信号をスルーさせる時に分岐・挿入用AO TFに印加する各RFF信号に微弱的なパワー差を付けてレベル差を分岐し、該増幅器では、1波分岐用AO TFにRFF信号を印加しないことと、分岐された光信号を受信しないことにより、伝送路や光増幅器中継器、光ディバイスで生じた各波長間のレベル差を補正することを特徴とする請求項29に記載の光伝送システム。

【請求項32】 前記光伝送装置では、光信号を分岐、挿入するに際して、及び、波長間レベル差を補償するしないに関わらず、分岐・挿入用AO TFに印加するRFF信号のトータルパワーを一定にするために、RFF信号の印加が必要ないスルー状態の場合でも、運用中の光信号の波長帯域から十分外れた場所でRFF信号を印加しつづけることを特徴とする請求項31に記載の光伝送システム。

【請求項33】 RFF信号をオンする際に、伝送路中に設けられる光増幅器で急激な光サージを発生させないためにRFF信号を所定のパワーまで段階的に立ち上げていくRFF増幅器を備えることを特徴とする請求項29に記載の光伝送システム。

【請求項34】 RFF信号制御回路内にROMを持ち、分岐時に前記光伝送装置内のAO TFに印加するRFF信号のデータ、スルー時のRFF信号データなど複数のRFF信号の印加状態を蓄積しておき、ROMのデータを用いてRFF増幅器の設定値を変更することで、瞬時に所定のRFF周波数とパワーを印加することが可能な構成を持つことを特徴とする請求項29に記載の光伝送システム。

【請求項35】 1波以上の光波長に送信信号を光強度変調して送出し、光増幅器中継伝送する光伝送装置、および、該光伝送装置に伝送路途中に伝送信号光の分岐、挿入機能を持つノードを有した光伝送システムにおいて、

伝送路で送信光に光位相変調もしくは光周波数変調する手段を有し、該送信器は、伝送路で波長が広がるようなチャープニングを行い、送信器と伝送路の間、伝送路と受信器の間に伝送路の波長分散特性を補償する分散補償手段を配置したことを特徴とする光伝送システム。

【請求項36】 各中継スパン毎あるいは、ノード毎のいずれかに伝送路の波長分散特性を補償する分散補償手段

を配置したことを特徴とする請求項35に記載の光伝送システム。

【請求項37】 各中継スパン毎あるいはノード毎のいずれかに配置する分散補償手段の各分散補償量は分散補償量の伝送路の分散量に応じて設定することを特徴とする請求項36に記載の光伝送システム。

【請求項38】 波長分散補償が正である伝送路を有することとを特徴とする請求項35～37のいずれか1つに記載の光伝送システム。

【請求項39】 送信側で送信光に光位相変調もしくは光周波数変調する手段のチャープニングパラメータが+1近傍である送信器を有することを特徴とする請求項35～37のいずれか1つに記載の光伝送システム。

【請求項40】 送信器と伝送路の間、伝送路と受信器の間に配置した分散補償量を伝送ルートの応じて変化させる機能を持つ分散補償手段を有することを特徴とする請求項35～37のいずれか1つに記載の光伝送システム。

【請求項41】 伝送ルートに応じて分散補償量を変化させる分散補償手段を有することを特徴とする請求項35に記載の光伝送システム。

【請求項42】 前記分散補償手段は、分散補償量の異なる、あるいは、分散補償量の同じ複数の分散補償器と、伝送されてきた光信号を所望の分散補償器に通わせる光切り替え手段と、を備え、

該光信号が通過する分散補償器の組み合わせを切り替えることにより、光信号が受けた分散補償量に応じて最適な分散補償を行うことを特徴とする請求項35に記載の光伝送システム。

【請求項43】 表面弾性波の作用を使って所望の波長の光信号を波長多重光信号の中から選択分岐、あるいは選択挿入するAO TFにおいて、

該AO TFの形成されている基板の表面であって、AO TFの近傍に共振器を形成し、該共振器の共振周波数の変化を検出することにより、該AO TFの表面周波数を制御し、該AO TFの動作を安定化させることを特徴とするAO TF制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、波長分割多重光ネットワークに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来のマルチメディアネットワークを指し、さらなる超長距離・大容量の光通信システム、また、これを用いた光波ネットワークの構築が要求され研究開発が盛んに行われている。

【0003】 これまでに大容量化を実現する方式として、時分割多重 (Time-Division Multiplexing : TD



モニタで所定の光信号が分岐されたことを確認した後、該局側の1波長用AOTFに所定のRF周波数を印加し、1波長用AOTFの動作が安定し、且つ、光スベクトルモニタで監視した挿入すべき光信号が所定の光波長と光パワーになるように制御した後に、該局側の光送信器を駆動するシーケンサ処理を有することを特徴とする。

【0027】本発明の更に他の側面における光伝送システムは、1波以上の光波長に送信信号を光強度変調して送出し、光増幅多中継伝送する光伝送装置、および、該光伝送装置に伝送路途中に伝送信号光の分岐、挿入機器を持つノードを有した光伝送システムにおいて、送信部で送信光に光位相変調もしくは光周波数変調する手段を有し、該変調手段のチャージングパラメータの符号が正である送信器を有し、送信器と伝送路の間、伝送路と受信器の間に伝送路の波長分散特性を補償する分散補償手段を配置したことを特徴とする。

【0028】本発明のAOTF制御装置は、表面弾性波の作用を使って所望の波長の光信号を波長多重光信号の中から選択分岐、あるいは選択挿入するAOTFにおいて、該AOTFの形成されている基板の表面であって、AOTFの近傍に共振器を形成し、該共振器の共振周波数の変化を検出することにより、該AOTFの表面周波数を計測し、該計測結果に基づいてRF信号を制御して、該AOTFの動作を安定化させることを特徴とする。

【0029】本発明によれば、任意の波長を印加する電気信号の周波数を変えることで、選択することができAOTFをアド・ドロップシステムに使用したことにより、システムを構成する回路の動作が軽くなり、安価で信頼性の高い、OADMシステムを構成することができ

る。

【0030】  
【発明の実施の形態】図1は、AOTFを用いたOADM装置の基本的原理を示す図である。同図は、AOTF10に波長λ1～λnの波長多重光信号が入力され、8波がアド・ドロップされる場合を示している。もちろん、アド・ドロップする波長の数はこれに限られたものではない。

【0031】AOTF10による光波長の選択は、ドロップしたい波長に対応するRF信号（電気信号）を印加することで行う。同図の場合、AOTF10には、波長λ1～λnの波長多重光信号が入力されている。そして、AOTF10には、波長λ1～λnに対応する周波数f1～fnまでのRF信号のうち、8つが印加される。

【0032】AOTF10に印加されたRF信号の周波数に対応する波長の光信号は、AOTF10のドロップポートに出力され、光アンプ20によって増幅された後、8×1カブラ11に入力される。ここで、カブラが8×1構成となっているのは、ドロップされる波長数が

OATF10の選択帯域をはずすおけば、ASEがスルー光信号の帯域外に挿入されることになるので、スルー光信号のSN比の劣化には直接には影響しなくすることが出来る。図2は、実際のAOTFを使用しOADM装置を構成する場合の基本的構成例のブロック図である。

【0037】同図に示すのは、AOTFを光信号のドロップのみに使用する構成である。入力側から入力された光信号は、光アンプ30で伝送路の損失の補償のために増幅され、1段目のAOTF31に入力される。1段目のAOTF31では、ドロップすべき波長の光信号の内、一部のみをドロップする。そして、1段目のAOTF31をスルーした光信号は、2段目のAOTF32に入力されて、ドロップすべき残りの波長の光信号をドロップする。このようにして、ドロップされた光信号は、カブラ35で合波されると共に、受信器ORの数だけ分岐される。このとき、AOTF31のドロップポート側には、光アプテネータ38が設けられており、AOTF32からドロップされた光信号のレベルとAOTF31からドロップされた光信号のレベルをほぼ同じにしにカブラ35に入力するように構成される。これは、AOTFがロスが大きくなり、AOTFを1つだけ通過した光信号と2つ通過した光信号とではレベルに大きな差が生じてしまうからである。もし、レベル差があるままドロップ光信号を送出すると、受信側で、あるいは受信側に届くまでに光アンプで増幅しようとしても、レベルの低い光信号がより増幅される。受信側で信号を正しく受信できなくなってしまう。このようにして、ドロップされた光信号はAOTF等の波長選択フィルタ37によって所望の波長が選択され、受信器ORで受信される。

【0038】また、AOTF31、32からドロップされた光信号を一旦合波するカブラ36には、別の出力ポートを付けておき、この出力ポートからの光信号を光スベクトルモニタ39に入力して、ドロップ光信号の有無や、各光信号の波長やパワーを監視するようにする。

【0039】2段目のAOTF31、32をスルーした光信号は、ドロップされない波長の光信号のみを含んでおり、OADM装置のスルー光としてカブラ33に入力される。光送信器OSからは、AM変調された各波長の光信号（ドロップ光信号の波長と同じ波長）がカブラ36で合波され、アド光信号としてカブラ33に入力される。このようにして、カブラ33に入力されるスルー光とアド光は互いに合波され、光アンプ34で増幅され、伝送路に出力される。

【0040】同図の構成例において、1段目のAOTF31と2段目のAOTF32を使ってドロップすべき全ての光信号をドロップするのは、AOTFの波長選択特性によるものである。すなわち、AOTF31はRF信号が印加されたときの波長選択特性の幅が広く、1T U-T G、6.92動電ドラフトで規定されている0.

8nm間隔の波長の隣り合う光信号を1つのAOTFでドロップしようとする、クロストークが発生してしまい受信側で受信できなくなってしまう。そこで、実際に、1つのブロックで示されているAOTF31、あるいは、32は、1つの基板に直列に3段のAOTFがモノリシックに形成されたものを使用している。このようにすると、波長選択特性の幅を狭くすることができる。ここで、更に、AOTFを2段に設け、1段目では、例えば、光信号の波長を端から順番に番号を付けた場合に、偶数番目あるいは、奇数番目の波長の光信号のドロップのみを担当するようにする。そして、2段目では、1段目ではドロップされなかった、奇数番目あるいは偶数番目の波長の光信号のドロップを担当するようにする。このように構成することによって、隣り合う2つの光信号をドロップする場合にも、波長間隔が最低でも1.6nmとなるので、AOTFの波長選択特性でも十分クロストークを少なくすることが出来る。

【0041】また、同図の構成では、アド光信号は、AOTFを介さずに、直接カブラ33で合波するようにしている。前述したように、AOTFは、ドロップした光信号の波長と同じ波長の光信号をアドする機能を有しているが、AOTFにアドとドロップの両方の機能を担わせると、ドロップ側にアド側の光が漏れ込んでクロストークが発生してしまう。特に、この場合、アド光とドロップ光の波長が同じコヒーレントクロストークなので、クロストークによって生じる、ビート成分が大きくなり、ドロップ側で正常に光信号を受信することができなくなってしまう。アド光は、対応する波長がスルー光から抜かれており、その開いているグリッド（光信号の波長の設定位置）に合波されれば良いので、同図のように、スルー光にカブラで合波する構成を採用する。

【0042】なお、同図では、AOTFを2つ用いて、ドロップすべき光信号の全てを分岐する構成を示しているが、必ずしも2つに限られるのではなく、2つ以上のAOTFを用いてもよい。このように、多くのAOTFを用いると、1つのAOTFでドロップすべき光信号の内、互いに波長の値が最も近い光信号間の波長間隔を広げることができるので、クロストークをより減少させることができる。

【0043】図3は、AOTFを使ったブロードキャスト機器対応のOADM装置の構成例を示すブロック図である。同図（a）に示されるように、入力側から波長λ1～λnが波長多重重されて送信されてくる。これを光アンプ40で増幅し、カブラ41に入力する。カブラ41では、入力した光信号を2つに分岐し、1つはAOTF42に入力し、もう1つはドロップして、トリビュタリ局のカブラ46に入力する。カブラ46に入力された光信号は、カブラ46で分岐される。分岐する数は、ドロップ光として使用される波長の数でも、全波長数でも



ルしていい。  
【0060】AOTF1とAOTF2で分岐されたドロップすべき光信号は、2×2カブラで合波され、再び光増幅部TFAで増幅され、トリビュート局へと送信される。一方、2×2カブラ1のもう一方のポートからは、光アッテナライザを介して光スベクトルモニタ部のスペクトル分析装置SAUに入力され、ドロップされた光信号の波長及びパワーが所定の基準を越えているか否かが検出される。

10 【0061】AOTF2をスルーした光信号は、前述したように、偏波モード分散補償器PMDに入力され、偏波モード分散が補償された後、光モニタ部を介してスイッチ部PSW2の2×2カブラ2に入力される。スイッチ部PSW2の2×2カブラ2には、アド光信号も入力される。アド光信号は、光増幅器PWA1で増幅され、トリビュート局からの伝送ロスによる損失が補償される。更に、分散補償ファイバDCFによる分散が補償され、2×2カブラ2に入力される。2×2カブラ2で合波されたスルー光信号とアド光信号は、冗長化のためのスイッチを介して、光増幅器PWA2に入力され、ブースタBST3、4からの励起光により増幅され、カブラで分岐される。大部分の光信号は、カブラから伝送線に出力されるが、一部は光スベクトルモニタ部に送られ、波長ずれや各波長の光信号のパワーが解析される。光増幅器PWA2による光信号の増幅は、OADM装置全体を通して行うことによるロスを補償するためのものである。

30 【0062】図6は、図5のOADM装置を使ったシステムにおけるトリビュート局の構成例を示した図である。チューナブルフィルタモジュールTFMでドロップされた光信号は、トリビュート局の波長分岐器で各波長に分岐される。同図の場合、波長λ1～λ32までの32波に分岐されている。これらの各波長の光信号は、既存光ネットワークの光電気変換部OEで受信され電気信号に変換された後、当該ネットワーク用の信号、例えば、1波長ネットワークの場合には、そのネットワークで使われている波長の光信号に変換され、伝送される。一方、既存光ネットワーク等の信号出力部では、電気光変換部EOで電気信号が図5でドロップされた光信号の波長λ1～λ32に変換されて、送出される。これらの光信号は、アッテナータで相対的レベル調整が行われ、合波器で合波されて、図5のOADM装置にアド光信号として送出される。

40 【0063】なお、同図では、ドロップ光信号の波長は32個あり、この32個の波長全てが使用されているように示されているが、システムの使用当初では、これら波長を全て使用する必要はなく、一部の波長のみを使用してもよい。この場合、図5のチューナブルフィルタモジュールTFMでドロップされる波長も32波以下に設定される。

【0064】また、同図のように、波長分岐器で各波長の光信号に分岐してしまふと、受信する波長を変えたいという場合に、波長分岐器が各波長に先に分岐してしまふので、対応するのが難しいという点が存在する。例えば、受信側で同じ波長の光信号を受信したいという場合には、波長分岐器の1つのポートから信号を分けてあげられなければならない場合には、1つのポートからの光信号を分岐するカブラ等を新たに設けなくてはならない。

10 【0065】図7、8は、AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の第2の例を示す図である。図7の構成は、基本的に図5の構成と同様であるので、詳細な説明は省略する。

【0066】伝送路より入力される光信号は、光増幅部ILAで増幅され、分散補償ファイバで分散が補償されて、スイッチ部PSW1に入力される。スイッチ部PSW1は、前述したように、現用、予備の冗長化のための構成である。スイッチ部PSW1から出力された光信号はチューナブルフィルタモジュールTFMの光モニタ部を通して、AOTF1、AOTF2でドロップ光信号がドロップされて、2×2カブラ1に入力される。  
10 【0067】2×2カブラ1からの出力のうち一部は、スベクトルアナライザSAUに入力され、スベクトルが解析される。2×2カブラ1で合波されたドロップ光信号は光アンプで増幅された後、1×4カブラで分岐される。同図では、ドロップ光の波長数は4であるとしているが、必ずしも4に限られるものではない。1×4カブラで分岐された光信号は、全てのドロップ波長を含んでおり、トリビュート局の受信部TRB1のAOTFで各波長が抽出される。ここでのAOTFは1×4カブラからの光信号の中から所望の波長を抽出する作用をしており、ドロップする光信号の波長を変えたい場合には、通常のバンドパスフィルタも使用可能である。AOTFを使用するのは、本システムを使用するユーザとしてシステム使用中にアド・ドロップする光信号の波長を変えたいことは強く望まれることである。なお、波長選択フィルタとしてのトリビュート局のAOTFは、略記されているチューナブルフィルタコントローラTFCによって制御される。同図の場合には、AOTFが2つしか設けられていないが、ドロップ光信号として4波長を使用する場合には、AOTFを4つ使用する。

【0068】AOTF1でドロップされなかったスルー光は、偏波モード分散補償器PMDで偏波モード分散が補償されてから、光アンプに入力され、AOTF2に入力される。このように、AOTFを2段にしているのは、前述したように、1つのAOTFでドロップすべき波長の一部、例えば、偶数番目の波長の光信号をドロップし、もう1つのAOTFで残りの波長、例えば、奇数番目の波長の光信号をドロップするようにしているもので

ある。これは、AOTFの波長選択特性の半値幅が比較的広いので、クロストークをできるだけするためになされている処理である。

【0069】AOTF2をスルーした光信号は、再び、偏波モード分散補償器PMDによって偏波モード分散が補償されてから、光モニタ部を通してスイッチ部PSW2の2×2カブラ2に入力され、アド光信号と合波される。同図の場合、ドロップ光の波長が4波であるので、アド光信号の波長も4つの同じ波長を使用する。カブラCPL4には、1×8カブラが設けられており、将来のアップグレードに対応できるように構成されているが、現在使われているのは1～4番のポートのみである。カブラCPL4で合波された各波長のアド光信号は、光アンプPWA1で増幅され、分散補償ファイバDCFで分散が補償されてから、スイッチ部PSW2の2×2カブラCPL2に入力される。そして、スルー光とアド光が合波され、プロテクションスイッチ（現用、予備を切り替えるスイッチ）を通して、OADM装置の出力側の光アンプ部PWA2に入力される。そして、光アンプ部PWA2にエネルギーを与えられて、パワーが増幅された後、カブラCPLを介して伝送線に出力されていく。なお、カブラCPLで分岐された一部の光信号は、スベクトルアナライザユニットSAUに送られ、OADM装置から出力される光スベクトルの状態が解析され、OADM装置が正常に動作しているか否かのモニタに使用される。

30 【0070】図8は、トリビュート局のアド光送信側の構成を示す図である。アド光信号送信部は、レーザバンプと光変調器及び不図示の電気ADM装置（EADM）から電圧信号として送信されてきて、レーザバンプからの光を変調する駆動信号として使用される。

【0071】レーザバンプは、複数の互いに異なる波長の光を出力するレーザダイオードからなっており、これらレーザダイオードユニットLDU#1～#4に取納されている。ここで、種々発生時に対応するため冗長化がなされており、レーザダイオードユニットLDUは、現用（Work）と予備（Protection）とが用意されている。また、アドする光信号の波長が1～32のいずれの波長にも変更可能なように、異なる波長を出力するレーザダイオードが32個設けられている。これらのレーザダイオードから出力される光は、合波器で合波され、1～32の波長の光が波長多重化された光を生成する。レーザダイオードユニットが冗長化されているのに、レーザダイオードも現用と予備が設けられている。対応して合波器が32個設けられており、光アンプ部で増幅される。光アンプ部も冗長化されており、光アンプ部の構成は、増幅媒体を2つ設け、その間にアッテネータを挟んだようになっている。これは、間にアッテネー

タを入れることによって、後段の増幅媒体への光の入射強度を調整する作用を得るものである。増幅媒体で増幅された光信号は、カブラCPLで一部が分岐されて、カブラCPL3に入力される。分岐された光信号は、スベクトルアナライザユニットSAUに入力される。スベクトルアナライザユニットローラSAUCNTと、これに制御されるスベクトルアナライザSAUとからなるので、カブラCPLはシステム全体のオペレータが手動でレーザバンプからの出力光の検査をする場合に必要出力光をモニタポートに出力するものである。スベクトルアナライザユニットからの解析結果は略記されているレーザユニットに使用される。同図に示されるように、スベクトルアナライザユニットSAU及びレーザダイオード制御部LDCも冗長化されている。

【0073】このように、異なる波長のレーザダイオードを複数用意し、これらの光を合波して使用するの、発振波長を可変できるレーザが非常に不安定で、発振波長が精密に安定している必要がある光通信においては、十分な信頼を得られないからである。

【0074】複数のレーザダイオードから出力された光を合波したものは、光増幅器で増幅された後、カブラCPL3の1×8カブラに入力される。1×8カブラでは、入力された光をアド光信号の波長として使うだけ分岐し、光変調器に送る。今の場合、アド・ドロップする光信号の波長は4つだけであるとしているので、実際に光変調器に接続されているのは、1×8カブラの4つのポートのみである。残りのポートは反対方向の通信回線用に設けられている光変調器（不図示）に光を供給するために使用される。

【0075】1×8カブラの出力ポートに接続されたファイバは、アドする光信号の波長分岐けられた変調器を有する光変調器に送られる。同図では、内部構成は、1つについてのみの記載となっているが、実際には、同じ構成の変調器が4つ設けられている。レーザバンプから送られてきた光は波長選択部TR1の前後のAOTFで、先ず、アド光として使用する波長の光が選択される。この選択された波長の光は変調器部の変調器Modに入力される。一方、電気ADMからは、所定の波長の光信号としてデータが送られてきて、受信器ORで受信され、電気信号に変換される。この電気信号は分配器で分岐され、デジタルフリップフロップD-FFと電気増幅器を介して変調器Modに印加される。変調器Modは、この電気信号の印加を受けて、波長選択部の前後のAOTFで選択された波長の光信号を変調し、出力する。変調された光信号は1×2カブラで分岐され、一方がコントローラで検出され、所望の変調が行われているか否かが確かめられる。この検出の結果は、電気増幅器にフィードバックされ、変調器Modが安定して動作す



るように調整される。

【0076】このようにして、変調器Modで変調された光信号は、光アンプPOAで増幅した後、波長選択部の後段のAOTFに入力されてアド光信号として送出される。ここで、光アンプPOAで増幅した後には再びAOTFを通過させるのは、光アンプPOAで発生したノイズを除去するためのものであり、このAOTFは波長選択部の前段のAOTFの選択波長と同じ波長を選択するように設定されているものである。

【0077】なお、レーザバンクからの光の中からアド光信号を選択するのには、選択波長固定型のフィルタではなく、選択波長を可変できるAOTFを使用するのは、アド・ドロップする波長の波長を変えたいときに容易に対応できるようにするためである。

【0078】また、波長選択部の前段のAOTFでアド光信号に使用する波長を1波だけ最初に選ぶことによって、変調器Modの後段の光アンプPOAは、1波用のアンプで良くなり、小型のアンプを使用することができ、前述したように、最初に変調をかけて、後に波長を選択することも可能であるが、この場合には、変調器の後段のAOTFは波長多重光用の光アンプでなくしてはならず、大型になるとともに、高価になってしまう。

【0079】図9、10は、AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成の第3の例である。図9の場合、伝送路が現用と予備に冗長化されている様子が描かれていて、後に説明するように、伝送路の冗長化にも種類があり、UPSR (unit-directional path switch ring) や2ファイバ、4ファイバのBLSR (bi-directional line switch ring) 等の構成がある。同図の場合、4ファイバBLSRを前提にしており、伝送路(PB)と対向側の伝送路のOADM装置に設けられるBLSRの場合の区別方向の伝送路を示し、伝送路(P)と記載されているのは4ファイバBLSRの場合の反対方向の伝送路のOADM装置に設けられる光1+1プロテクションスイッチ(1+1 SW)への光信号伝送ケーブルを示している。これらは、伝送路及びOADM装置の冗長化の為に設けられており、システムの冗長化については、後述する。

【0080】現用の伝送路から入ってきた光信号は、光増幅部1LAで増幅されると共に、分岐補償ファイバDCFによって分岐が補償され、スイッチ部PSW1に入力される。スイッチ部PSW1では、LBスイッチと1+1スイッチとが設けられているが、ネットワークが2ファイバのBLSRと4ファイバのBLSRのいずれを使用しているかによって、いずれかのスイッチのみが取られる。

【0081】スイッチ部PSW1を通過した光信号は、チューナブルフィルタモジュールで前述した作用により、ドロップ光がドロップされ1×8カブラを有するカ

信する場合に、ドロップされた光信号のままでは伝送できない可能性があるので、どのような波長にでも変換できるようにトランスポンダが設けられている。また、変調器Modの出力は1×2カブラで分岐され、コンローラに送出されて、変調器Modの動作を安定させるためにフィードバックがかけられる。

【0087】このように、受信側のトランスポンダの動作は、図8の光変調器のものと同様に同じである。一方、送信側では、不図示のレーザバンクLDBKから変調に使うための光が送られてくる。この光は、送信部1〜#8(2)のカブラ部CPL5に入力される。入力する。まず、カブラ部CPL5がちゃんと接続されているか否かをモニタするための光モニタを通過し、次に1×8カブラで8つの光に分岐され、光アンプAMP1〜#4によって増幅される。このうち、アド光信号を生成するために使用されるのは、4つのみであり、他の4つは、受信側のトランスポンダに光信号の波長変換用光として送られる。

【0088】レーザバンクからの光のうち、アド光信号生成のために使われる4つの光は、トランスポンダ#5のAOTF3に入力され、アド光信号生成のための波長が選択され、変調器Modに送られる。アド光を波長変換する。他のネットワークから光信号で送信されてきたものを光アンプAMP2で増幅し、1×4カブラで分岐した後、AOTF5で波長を選択し、光受信器ORで電気信号に変換する。この後の動作は、受信側のトランスポンダと同様なので説明を省略する。そして、AOTF4から出力されるアド光信号は、同様に生成されたトランスポンダ#6〜#8までの光信号と1×4カブラで合波され、OADM装置にアド光信号として送信される。

【0089】図11、12は、AOTFを使ったOADM装置の具体的な構成の第4の例を示す図である。図11の構成は、図9の構成とほとんど同じなので、概略説明する。なお、同図の場合には、アド側に結線がなされていないが、省略されているだけであって、実際には、トリビュタリ局のアド光信号送信部が接続されるべきものである。

【0090】伝送路より入力した光信号は、光増幅器で増幅され、分岐補償ファイバで伝送路の分岐が補償され、現用・予備切り替え用スイッチ部PSW1に入力される。ここで、この切り替えは、ネットワークが採用している冗長構成によって変わるが、ここでは、4ファイバBLSRを前提としている。スイッチ部PSW1を通過した光信号はチューナブルフィルタモジュールでドロップ光がドロップされ、ドロップ光信号は、1×8カブラでトリビュタリ局の受信部へ送られる。スルー光信号はそのままスイッチ部PSW2の2×2カブラに入力される。アド光信号は、2×8カブラで合波された後、光アンプPWA1で増幅され、分岐補償ファイバDCFで

分岐補償された後、2×2カブラでスルー光と合波される。ここで、2×2カブラや2×8カブラはそれぞれ1×2カブラや1×8カブラでもよく、ここで、出力ポートが1つ多いカブラを使っているのは、合波された光信号の状態をモニタしようとするときの便宜を考慮のことである。従って、必ずしも2×2カブラや2×8カブラを使用しなくてもよいとはいえない。

【0091】アド光信号とスルー光信号とが合波された光信号は、現用・予備を切り替えるためのスイッチ+1スイッチ及びLBスイッチ)を通過した後、光アンプPWA2によって増幅され、伝送路に送出される。

【0092】図12は、トリビュタリ局の受信側構成の变形例を示した図である。受信部TRB#1は、トリビュタリ局の衣段に接続するネットワークが単波長ネットワークの場合の構成である。OADM装置からドロップされてきたドロップ光信号は、光アンプAMPで増幅された後、カブラ部CPL2の1×4カブラで4つに分岐される。ここで、分岐する数が4であるのは、OADM装置でドロップする波長の数が4であるとして、それからである。1×4カブラで分岐された光信号は、それぞれに設けられているAOTFに送られ、それぞれの波長の光信号が選択される。各波長1〜#4の光信号が選択され、これらは、そのまま単波長ネットワークにそのまま送信される。なお、単波長ネットワークがサポートする光信号の波長がドロップされた光信号の波長でないときには、単波長ネットワークに接続する前段に波長変換を行うトランスポンダを設けて、サポートされている波長で光信号を送信するようにする。

【0093】受信部TRB#2は、トリビュタリ局の衣段に接続するネットワークが多波長ネットワークであるが、4波までの波長多重システムである場合を示している。OADM装置からドロップされてきたドロップ光信号は、光アンプAMPで増幅された後、1×4カブラで4つに分岐され、1×4カブラの出力ポート毎に設けられた波長選択部TR#1〜#4に入力される。AOTFはドロップ光信号の中から1波のみを抽出される。抽出された光信号は、単波長用の光アンプPOAで増幅され、再びAOTFに入力される。後段のAOTFは、前述したように、光アンプPOAのノイズを除去するためのものである。このようにして、波長選択部TR#1〜#4で抽出されたドロップ光信号は2×4カブラで合波され、波長多重ネットワークに送信される。もちろん、ドロップされたままの波長を衣段の波長多重ネットワークがサポートしていない場合には、トランスポンダを介して、波長を変換して接続するようにする。

【0094】受信部TRB#8は、4波以上の波長多重光信号をサポートしているネットワークに接続する場合のトリビュタリ局の構成を示している。4波以上のドロップ光信号の波長を選択する場合には、OADM装置に使用されているように、AOTFを2段に使用して、波



長を選択するようにする。AOTFはチューナブルフィルタドライバI/FDによって駆動される。OADM装置でドロップされた光信号は、全て2段のAOTFによって選択されるので、2段目のAOTFのスルーポートには、原理的にノイズ以外には光信号は出てこない。従って、2段目のAOTFのスルーポートから出力される光は破壊する。その他の構成及び動作は、OADM装置のAOTFによる光信号のドロップのための構成及び動作と同じなので、説明を省略する。

【0095】このようにして、選択された波長のドロップ光信号は、2×2カプラで合波され、増幅され、次の段の波長多重化ネットワークに送渡される。尚、前述の通り、次の段のネットワークがドロップされたままの光信号の波長をサブポートしない、あるいは、別の光信号を使用している場合には、波長変換して次のネットワークに送渡する。

【0096】図13は、アド光信号を生成するための光を提供するために使用されるレーザバンクの構成及び概念を説明する図である。任意波長のOADMシステムを構築するためには、任意の波長の光信号をドロップでできるだけでなく、対応する任意の波長の光信号をアド局間で任意の波長の光信号を生成できなくてはならないので、波長を任意に変えることのできる光源が必要である。しかし、現在光源として広く使われているレーザダイオードは、波長を変えることが難しい、というのも、もともとレーザというのは、発光媒体を反射鏡で挟んで、反射鏡間で光を往復させる間に強度の強い光を放出するという構成をとっており、発振波長はこの発光媒体の特性と、反射鏡間の光学的路径に依存する。特に、同じレーザで異なる波長を発振させようとする場合には、この

反射鏡間の光学的路径を短くしてはならないが、この方法があまりないというのが現状である。現状考えられる光学的路径の変更の仕方、反射鏡の位置を機械的に移動させるか、温度を上下して、発光媒体の屈折率を変化させるかというものである。反射鏡を機械的に動かすのは、レーザが可動部を有することになるため、反射鏡の位置が狂いやすく、安定したレーザを発振を行うことができない。また、温度を上下して波長を変化させる場合には、レーザの構成に可動部がないので、安定した発振はできるが、温度上昇などによる波長の変化が小さいので、波長多重システムでのグリッド全体をカバーすることはできない。

【0097】そこで、本実施形態では、使用する可能性のある全ての波長を発振波長とする個々のレーザダイオードを用意しておき、これらが発振するレーザ光を束ねて1つの光として、これを様々な所に使用することとした。

【0098】レーザバンクの構成は、同図に示されている通りであり、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ をそれぞれ発振波長とする

【0104】なお、AOTF143は、常に1波長を選択するためのR/F信号が印加されるので、光信号を選択しない場合にも、32波以外の場所を1つ選択するようなR/F信号を印加しておく。これにより、AOTF143に印加されるR/F信号のパワーが光信号を選択する場合も同じ場合と同じになり、AOTF143の動作を安定化させることができる。

【0105】図15は、OADM装置によるドロップが行われない場合のAOTFの制御方法を示している。スルーする場合に、AOTF140には、32波の波長以外の場所に選択波長を設定するようなR/F信号をR/F信号増幅器141で生成して、印加するようにする。R/F信号は光信号は選択しないが、32波の波長を選択するような32個の周波数からなるR/F信号が印加される。これは、図14のとき、AOTF140に32波分のR/F信号が印加されていたので、AOTF140の特性をあまり大きく変えないようにするため、わざと32個の周波数のR/F信号を印加しているのである。

【0106】これにより、32波全ての光信号はスルー側（出力側）に送渡される。トリビュタリ局側には、光信号はドロップされない。したがって、光カプラ142にも光信号は入力されないが、AOTF143には、32波以外の波長位置を選択するようなR/F信号を印加しておく。このR/F信号は1波のみを選択するような、1個の周波数からなるR/F信号である。これは、前述したように、AOTF143の動作が、R/F信号のバシーの変化によって変わってしまわないようにするためである。従って、光受信器144では光信号は検出されない。

【0107】図16は、OADM装置でドロップはしないが、入力される光信号が波長毎に異なるパワーを有している場合のAOTFの制御方法を説明する図である。なお、同図では、波長が $\lambda_1 \sim \lambda_32$ に行くに従ってパワーが大きくなる。いわゆる、チャネルが起きている場合のみを示しているが、各波長のパワーが全くバラバラでも同じ作用を得ることができ。

【0108】すなわち、AOTF140に印加されるR/F信号のパワーの違いにより、ドロップされる光信号のパワーも異なってくるので、R/F増幅器141からは、パワーの大きい波長の光信号をより多くドロップするようにし、パワーの小さい波長の光信号をより少なくドロップすることによって、スルー側（出力側）に出てくる光信号はパワーが揃って出てくるようになる。一方、トリビュタリ局側には、AOTF140に印加された時のパワーに応じた量のドロップ光が表れることとなる。この光は、光アンプで増幅されたり、光カプラ142で分岐されるが、AOTF143の選択波長を32波の波長域から十分離れた位置に設定することにより、AOTF143からは光信号が出力されない。従って、光

受信器144では、光信号を受取る事が無く、ドロップ動作は行われないことになる。

【0109】このように、AOTF140を波長をドロップする為だけに使うのではなくて、波長のパワーの違いをなくすために使用することによって、システムの伝送品質の向上に役立てることができる。

【0110】なお、AOTF140には、やはり、常に32個分の波長を選択するための32個の周波数のR/F信号を印加するようにしておき、AOTF143には、1波のみを選択する為の1個の周波数のR/F信号を印加するようにしておく。これにより、AOTF140及び143の動作を波長を選択するか否か、あるいは、選択する波長の数によらず、安定させることができる。

【0111】なお、上記した波長のパワーの違いを補償する動作は、制御CPUを設けておいて、ソフトウェアで行うようにしてもよい。図17は、OADM装置でドロップを行う場合の各AOTFの制御方法を説明する図である。

【0112】ここでは、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_32$ の内、 $\lambda_2$ と $\lambda_32$ のみをドロップする場合を考える。入力側から32波の光信号が入力されると、AOTF140には、波長 $\lambda_2$ と $\lambda_32$ とを選択するようなR/F信号が印加されると共に、AOTF140の動作を安定化させるために、32波の光信号の波長から十分離れた位置に30波を選択するような30個の周波数のR/F信号をR/F信号増幅器141で生成して、印加しておく。これにより、AOTF140に印加されるR/F信号は32波分を選択するものとなるが、実際にドロップされる光信号は波長 $\lambda_2$ と $\lambda_32$ のみである。残りの波長の光信号はスルー側（出力側）へ送出される。

【0113】ドロップされた波長 $\lambda_2$ と $\lambda_32$ は、トリビュタリ局側へ送られ、光カプラ142で分岐され、AOTF143に入力される。AOTF143は、1波のみを選択するように1波のみを選択するための1つの周波数のR/F信号が印加される。AOTF143の一方は、波長 $\lambda_2$ を選択し、もう一方は波長 $\lambda_32$ を選択する。このようにして、光受信器144の一方では、波長 $\lambda_2$ の光信号が受信され、もう一方では、波長 $\lambda_32$ の光信号が受信される。

【0114】このように、AOTF140と143には、常に同じパワーのR/F信号を印加するようにしておき、AOTFの動作の安定を図る。また、波長多重された光信号間のパワーの違いを抑える働きも持たせることができる。

【0115】図18は、トリビュタリ局側での選択波長のトラッキングについて説明する図である。OADM装置のAOTF180からドロップされた光信号は光カプラ181でドロップされた波長成分（同図では4波）に分岐され、AOTF182で各波長が選択される。しかし、温度変化やR/F信号の周波数のずれなどにより、



イドロープを小さくすることができたり、RF信号のパワーが少なくて済むなどの効果が得られる。また、PBSを工夫することにより、ロスの変位依存性をなくすることができ。

【0132】図22は、図21のAOTFの透過特性を示した図である。図21には、ドロップポートの波長選択特性あるいは透過特性を示している。図21に示されるように、サイドロープが多く形成され、半幅幅(FWHM)も0.65nmとなっている。従って、図21の構成では、ITU-T G.692で規定される0.8nm間隔のグリッドに配置される波長をクロストークを少なくして、選択するのは困難である。

【0133】図23は、図21のAOTFを3段モノリシックに基板上に構成し、同一周波数のSAWで波長選択した際の波長選択特性である。1段のAOTFの半幅幅が0.65であるものを3段カスケードに接続すると、波長選択特性の幅が広がっているのが図(a)からわかる。図(a)を拡大したものが図(b)である。半幅幅が0.39nmとなったことが分かる。これによれば、0.8nm間隔のグリッドに配置されている光信号を選択することが精度よくできることになる。と共に、サイドロープの位置を調整することによって、クロストークをよくすることができ。

【0134】従って、図5～図12で説明したOADM装置に嵌められているAOTFは全て、3段のAOTFをモノリシックに形成し、同一周波数のSAWで波長選択動作を行わせている構成を前提にしている。

【0135】図24は、AOTFの温度依存性に対する対応技術の説明する図である。AOTFは温度に敏感であり、1℃温度が上がると選択波長が0.73nmずれてしまう。WDMシステムにおいては、0.8nm間隔で隣のチャネルの光信号が配置されていることを考えると、AOTFは温度が1℃上がっただけで、隣のグリッドの波長を選択してしまうような特性を有している。従って、AOTFをWDMシステムのOADM装置に使用する場合には、温度変化に対するフィードバックをRF信号あるいは温度制御装置にかけなければならない。温度制御装置を設けてAOTFの温度を一定に保つとして

も、ベンチマーク等AOTFの表面温度に設けずとも、温度勾配が生じるために表面の温度を正確に一定にすることは難しい。また、直接表面の温度を制御することも考えられるが、構造上ベンチマーク等温度を上下した、温度センサもAOTFの表面の温度を正確に測らなければならないので、従来の温度センサでは、その設置方法も難しい。しかし、SAWがAOTFの表面を伝播するものであって、AOTFの表面の温度に一番影響を受けることから表面の温度を何らかの方法で正確に検出し、表面の温度に対応した適切なフィードバックをかける必要がある。

に隠れている場合には、サイドロープが非常に小さくなるので、クロストークの発生は無視できる程度となるが、互いに近接している場合には、クロストークにより、出力される光信号のパワーがピークを生じてしまう。また、AOTFのSAWは定在波とはなっており、進行波としてAOTF上を進行しているため、光信号にドロップ効果による波長シフトを生じる。そこで、本実施形態では、AOTFに印加するRF信号の位相を制御して、ピーク等を打ち消すようにする。図26は、3段構成のAOTFの検出に生じるSAWの位相差がない場合を示している。図(a)は、4つのチャネルを選択するために発生されるSAWが互いに位相差0°となっていることを示している。

【0142】図(b)の①は、AOTFの波長選択特性が時間とともにどのように変化するかを示したものであり、波長特性の縦軸は線形スケールである。②は、①の縦軸をデシベル表示したものである。いずれも縦軸は波長である。また、③と④はスルーポート側の波長選択特性を線形スケールとデシベルスケールで示したものである。

【0143】図(b)の①～④から明らかなように、波長選択特性は、時間が経過するに連れ、揺らぎを起すことが分かる。この揺らぎは、対応する波長の光信号をドロップしようとした時、選択波長の光信号のパワーの揺らぎを引き起こす。選択波長の時間の経過に伴う揺らぎの揺らぎを示したのが③であり、④は、スルーポート側のドロップされた光波長のスルー側への揺れ具合を示したものである。

【0144】図(b)から分かるように、3段構成のAOTFに単純に波長選択のためのSAWを発生させたのでは、選択された波長のパワーに揺らぎが生じ、これが大きくなると強度変動されている光信号のデータを正常に受信側で受信できなくなる可能性を示している。

【0145】図27は、AOTFの選択特性の揺らぎを防止する方法を示した図である。図(a)に示されるように、本実施形態では、3段構成のAOTFで4つのチャネルを選択する場合、それぞれを選択するためのSAWの位相を周期的に変えてやる。このように、SAWの位相制御を行った場合の波長選択特性を示したのが、図(b)である。①～④に示されるように、波長選択特性の時間経過による揺らぎが抑圧されているのが分かる。ここで図28と同様に①と③は波長選択特性を線形スケールに探って示したものであり、②と④は、時間経過による変化を重ね書きし、波長選択特性の縦軸をデシベルスケールで示したものである。

【0146】⑤はドロップポートに出力される選択波長のパワーレベルの変化を示した図である。図(b)の⑤は、図26(b)の⑤と比較すれば明らかなように、パワーの揺らぎが抑圧されていることが分かる。パワーのレベルは0デシベルから少し下がついているが、これ

は、ドロップポートに出力される光信号のレベル変化をSAWの位相制御で打ち消すことによって生じたロスである。また、⑥には、スルーポートの選択波長光信号の揺れ具合を示したものである。

【0147】このように、SAWをAOTFに印加する場合、3段構成の各段に発生するSAWの位相を制御することによって、ドロップされる光信号のパワーに生じるピークを抑制することができることが分かった。また、スルーポート側でも揺れ光が極端に多くなったりすることがなくなり、AOTFの波長選択特性が良くなることとされている。

【0148】このように、AOTFを単に3段構成にするのみではなく、各段に発生するSAWの位相をRF信号の位相を制御することによって、変えてやることによって、AOTFの波長選択特性をよりプレーンなものとする。従って、AOTFの波長選択時に生じるピークを抑制して、強度変動された光信号をより正確に受信することができるようになる。

【0149】図28は、AOTF駆動回路の概略構成を示す第1の例である。AOTF駆動回路を形成するに当たり、RF信号の発振周波数に対応する固定発振周波数の発振器を必要とするだけ用意しておき、これらの発振RF信号を適宜選択してAOTFに加えることにより、AOTFを駆動する方法が1つの駆動回路構成方法である。

【0150】図(a)は、チャネル1用に発振器OSC1が用意され、同様に、チャネル2用に発振器OSC2が、チャネル3用に発振器OSC3が、準備され、波長分割多重システムで用いられる全てのチャネルに対して、発振器OSCnまで設けられている。

【0151】これらの発振器OSC1～nは固定周波数の発振器であって、これらが発振する信号をディバイダでそれぞれ3つに分割し(AOTFは3段構成で、RF信号を印加すべき1DTが1つのAOTFについて3つあるとしている)、1つは、位相遅延無しでケーブルに入力される。2つめは、図27(a)の表にあるように、RF信号に位相遅延を与えるために位相遅延部が設けられている。同図の場合、1つの位相遅延部で与える位相遅延は120°となっている。

【0152】発振器OSC1からのRF信号は、ディバイダで分岐された後、ポート1から出力されるRF信号は位相遅延無しに、ケーブルに送られ、1段目のAOTF#1に与えられる。ポート2から出力されるRF信号は、120°位相遅延を受けた後、ケーブルに与えられ、2段目のAOTF#2に印加される。また、ポート3から出力されるRF信号は、120°の遅延を2回受け、240°位相遅延を受けてからケーブルに与えられ、3段目のAOTF#3に印加される。

【0153】同様に、チャネル2選択用の発振器OSC2から出力されるRF信号は、ディバイダで分岐された

後、ポート1から出力される信号は位相遅延を受けずカプラに入力され、AOTF#1に印加される。ポート2から出力されるRF信号は、240°の位相遅延を受け、カプラに入力され、AOTF#2に印加される。ポート3からのRF信号は120°の位相遅延を受け、カプラに入力され、AOTF#3に印加される。

【0154】チャネル3用の発振器OSC3からのRF信号はディバイダで分岐された後、ポート1～3のいずれの信号も位相遅延を受けることなく、1～3段のAOTF#1～3に印加される。

【0155】後は、同様に、上配発振器OSC1～OSC3までの位相遅延の仕方を繰り返して、発振器OSCnまでをカプラに接続し、1～3段までのそれぞれのAOTF#1～3にRF信号が印加される。

【0156】位相遅延部としては、ケーブルを長くするとか、トランスを設け、信号を取り出す位置を変えるとき、遅延線を使用する等が考えられる。ただし、トランスを使用した場合には、信号を取り出す位置によりインピーダンスが異なるので、あまり、好ましくはない。また、遅延線はRF信号の波形が崩れる恐れがあるので、本実施形態においては、ケーブルを長くすることによって位相遅延を与えている。ケーブルを使う場合、RF信号が170MHzの場合、120°遅延を与えるには、35cm余分に長くしてやればよく、240°遅延を与える場合には、70cm余分に長くしてやればよい。ただし、他の方法であっても、それぞれの欠点を解消するような方法をとれば、使用することができ、

【0157】図29は、AOTFの駆動回路の概略構成を示す第2の例である。図28の場合には、どのような波長の光信号をもドロップすることができると、各チャネル用の発振器を全て用意していたので、ドロップする光信号の波長が、対応しない発振器は、設けられていないにも関わらず、使用されない状態となってしまう。つまり、無駄な発振器を用意していることになる。

【0158】ところで、電気信号の発振器は通常発振周波数を変えることができるようになっているので、発振器をドロップする波長の数だけ用意しておき、ドロップする光信号の波長が変わったときには発振器の発振周波数を変化させることによって、対応するような回路構成も可能である。このような構成の概略を示したのが図40である。

【0159】ここでは、ドロップされる光信号の波長数は8個であると決められているとする。この場合、発振器はOSC1～OSC8の8つのみを設けておく、各発振器OSC1～OSC8から出力されるRF信号は、3段のAOTFのいずれかに印加するためにディバイダで三分岐され、三分岐されたRF信号は、更に後段のディバイダによって3つに分岐される。このようにして後段のディバイダによって3つに分けられたRF信号は、50

器との組み合わせで行う方法が提案されている。

【0165】英システムにおいては、使用する伝送路の分散値、非線形分散、非線形効果の効率に大きく影響する各波長の伝送入力光パワー等によって伝達特性が生じる。これをばらつきが生じる場合でも伝達特性に影響を与えない方法を採用する必要がある。また、光波ネットワークにおいては、各波長は任意のノードで、分岐、挿入されるなど、波長によって伝送ルートが異なる。この場合でも伝送品質を保持する必要がある。

【0166】従って、本実施形態では、プリチャートと分散補償器とを組み合わせ、さらに分散補償器の挿入位置、分散補償量、送信部でのプリチャート量(αパラメータ)の最適化により問題を解決する。

【0167】以下に、具体的に説明する。OADMシステムは、図回(a)に示されるように、送信部と受信部の間を伝送路で結び、伝送路中に、光アンプや分散補償手段、OADMノードが接続された構成となっている。送信部は、各電気信号を波長11～1nまでの光信号に変換するE/O装置が設けられ、これらによって生成された光信号がマルチプレクサMUXによって波長多重され、分散補償手段によって分散が補償されて再び光アンプで増幅されて、伝送路に送出される。伝送路の分散量は16ps/nm/kmで、80kmで(光アンプ間やOADM装置間等ノード間の伝送路のことをスパンと呼ぶ)、4スパン(送信部と受信部の間にノードが3つ入っている構成を示す。図回の場合、ノードとして3つの光アンプと分散補償手段の組み合わせで2つとOADMノードが1つ入られている。)の場合、送信部の分散補償手段の補償量は、例えば、 $-700\text{ps/nm}$ である。また、途中に入れられるノードとしての分散補償手段の分散補償量は例えば $-1200\text{ps/nm}$ である。

受信部は、光アンプに挿入された分散補償手段と、波長多重された光信号を分散するマルチプレクサDMUXと、分散された波長の光信号を電気信号に変換するO/E装置とからなっている。ここで、受信部の分散補償手段の補償量は例えば $-1200\text{ps/nm}$ である。このとき、受信部でのトレランスは $\pm 200\text{ps/nm}$ となる。

【0168】このように、各分散補償手段の分散量を設定してやると80kmを4スパン伝送する波長分割多重システムにおいては、最適な分散補償をすることができ、図回(b)は、分散補償手段を構成する場合の光アンプとの組み合わせの例を示した図である。

【0169】図回(b)上段は分散補償手段が非線形効果を示しやすく、しかもロスが大きい場合の構成である。先ず、分散補償手段のロスを補償し、しかも分散補償手段前段で非線形効果が起こるようにするために、所定のレベルまで光信号のレベルを増幅する前段光アンプを設ける。ここで、所定のレベルまで増幅された光信

号は、分散補償手段に入力され、分散補償される。分散補償手段から出力された光信号は、後段の光アンプによって、例えば80km伝送し、次の光中継器まで光信号を送信するに必要レベルまで増幅される。

【0170】図回(b)中段は分散補償手段のロスが小さい場合に可能な構成である。伝送されてきた光信号は、増幅されないまま分散補償手段に入力され、分散が補償されてから、光アンプで増幅される。この場合は、分散補償手段のロスが小さいので、分散補償手段を通して後の光信号のレベルがあまり小さくなくなっていないの、後から光アンプで増幅してもSN比をあまり悪くすることない。

【0171】一方、図回(b)下段は、分散補償手段がファイバグレーティングを使ったもののように非線形効果をあまゝ示さない場合に可能な構成である。この場合には、光アンプで光信号を増幅してから分散補償手段に入力している。光アンプで光信号は非常にパワーの大きな信号となるが、分散補償手段が非線形効果をあまゝ示さないで、非線形効果による波形劣化を招く恐れがほとんどない。従って、先に光アンプを設けることが可能である。このとき、分散補償手段のロスが大きくても光アンプで増幅しているの、分散補償器を通して後で十分SN比を維持することができ、

【0172】分散補償手段としては、分散補償ファイバを使うことが一般的であるが、分散補償ファイバは、ロスが大きき、しかも入力する光信号のレベルが所定値より大きいと非線形効果を示すので、入力する前には、所定値より小さいレベルまで光信号を増幅し、分散補償後再び速くまで伝送するために光パワーを挙げなくては必要がある。従って、分散補償ファイバを分散補償手段として使用する場合には、図回(b)の上段の構成を使用するのが好ましい。

【0173】図31は、OADM装置部分の分散補償のための構成を示す図である。OADM装置では、ドロップされる光信号に対しては、図30の送信部から受信部に送信される光信号と同様に分散補償を受けられるように構成する。

【0174】図回(a)では、送信側から伝送されてきた光信号は、図30の伝送路中に設けられる分散補償手段の分散補償量と同じ $-1200\text{ps/nm}$ の補償量を持つ分散補償手段によって分散補償され、OADM装置に入力する。スルーする光信号は、OADM装置がなかったようにそのまま伝送されていく。一方、ドロップされる光信号も $-1200\text{ps/nm}$ の補償を受けて、ドロップされトリビュタリ局に送信されるので、トリ



から西への通信には、波長17～132を現用として使用している。

【0196】正常時は、西から来た光信号は、1×2カ  
ブラ410から光ルーブバックスイッチ411を通り、  
波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$ までを現用として使用している。波長A  
dd/Drop部412に入力される、波長Add/D  
rop部412から出力される光信号は、光ルーブバック  
スイッチ413を通して1×2カブラ414を介して  
伝送路に送出される。同様に、東から西に光信号を送信  
する場合には、1×2カブラ419から光ルーブバック  
スイッチ418を介して波長Add/Drop部417  
に入力される。波長Add/Drop部417では、波  
長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ を現用として使用している。波長A  
dd/Drop部414から送出される光信号は、光ルー  
ブバックスイッチ416を介して、1×2カブラ415  
を通して、西側に送出される。なお、波長 $\lambda 1 \sim \lambda 16$   
と波長 $\lambda 17 \sim \lambda 32$ は、それぞれ同じ情報線を常に運ん  
でいる。

【0197】ここで、図42に示すように西側にケーブ  
ル切断が起こり、西側へ光信号を送信できない、あるいは、  
西側から光信号を受信できなくなつたとすると、東  
側から送られてくる波長 $\lambda_{1\sim16}$ の平順回路が波長  
 $A_{Add}/D_{rop}$ 部412の現用装置により処理され、  
波長 $\lambda_{17\sim32}$ の現用回路が波長 $A_{Add}/D_{rop}$ 部  
417の現用装置により処理されるようになる。すな  
わち、東側から送られてきた光信号は、 $1\times2$ カブラ4  
19で、東側から送られてきた光信号は、 $1\times2$ カブラ4  
19に、光ループバックスイッチ411にも送られている。  
光ループバックスイッチ411は、西側からのバスを切  
断し、 $1\times2$ カブラ419からの光信号を波長 $A_{Add}/$   
 $D_{rop}$ 部412に送信するようにする。波長 $A_{Add}/$   
 $D_{rop}$ 部412は、波長 $\lambda_{1\sim16}$ の光信号を現用  
の装置で処理し、光ループバックスイッチ413と $1\times$   
2カブラ414を介して東側へ送出する。 $1\times2$ カブラ  
419からのもう一方の光信号は、光ループバックスイ  
ッチ418を介して波長 $A_{Add}/D_{rop}$ 部417に入  
力され、波長 $\lambda_{17\sim32}$ までを現用装置で処理し  
て、出力する。波長 $A_{Add}/D_{rop}$ 部417から出力  
された光信号は、光ループバックスイッチ416で光路  
が切り換えられ、 $1\times2$ カブラ414から東側へ送出さ  
れる。

【0198】図43に示すように、東側ケーブリング切所が生じた場合は、上記説明と同じであって、ただし、光ループバックスイッチ418が上記説明の光ループバックスイッチ411の動作をし、光ループバックスイッチ413が上記説明の光ループバックスイッチ416の動作をするようになる。

【0199】同図のように、波長Add/Drop部412で現用として使う波長と予備として使う波長とを波長Add/Drop部417では、現用と予備を入れ換

えて使用することにより、ケーブル切断が生じて、光信号の折り返しが必要になった場合に、光信号の波長変換を行う必要がなくなる。従って、装置の構成を簡単化でき、コストの低減に寄与するところが大きい。

【0200】同図のような装置構成は、BLSR (Bidirectional Line Switch Ring) という名前が示すように、リング状のネットワーク (図44、45参照) において採用される。

【0201】図44は、正常時のリングネットワークを示す。OADMノードA、B、C、Dは図441にて説明する。OADMノードAと同一の位置にある、図445はOADMノードAの西側で光ケーブル断が生じた場合のリングネットワークの構成を示す図である。この場合OADMノードAでは、図442のようにループバックスイッチ441、446が切り替わる。また、OADMノードDでは、図443に示すようにループバックスイッチ443、448が切り替わる。

【0202】図46は、4フアイバLSRのOADMノードの構成を示す図である。4フアイバLSRにおいては、波長Add/Drop部も2重化されており、西側から東側へ向かう回路には、現用の波長Add/Drop部423と予備の波長Add/Drop部424が設けられて、東側から西側へ向かう回路の波長Add/Drop部431と予備の波長Add/Drop部432が設けられている。また、4フアイバLSRにおいては、伝送路も現用と予備が設けられており、例えば、3波長のチャネルを現用と予備に分ける必要はなく、3波すべてを現用として使用することができ、

【0203】1+1プロテクションにおいては、現用伝送路と予備伝送路に常に同じ情報が流されている。通常動作では、両側から入力された光信号は、光ループバックスイッチ426、427を通して、光1+1プロテクションスイッチ425に入力する。光1+1プロテクションスイッチ425では、現用回線と予備回線の切り替えを行う。一般に、現用の波長Add/Drop部4213には、S/Nの良い回線の光信号が入力される。光1+1プロテクションスイッチ425から出力された光信号は、それぞれ現用の波長Add/Drop部423あるいは予備の波長Add/Drop部424に入力される。処理された後、光1+1プロテクションスイッチ422に入力される。光1+1プロテクションスイッチ422では、現用と予備の切り替えが行われ、出力された光信号は、光ループバックスイッチ420、421を紹介して光側へ送出される。

【0204】東側から西側へ送られる光信号は、光ルー  
プバックスイッチ434、435及び光1+1プロテク  
ションスイッチ433を介して、それぞれ現用波長Add  
/Drop部431及び予備波長Add/Drop部  
432に入力されて、処理される。現用及び予備の波長

Add/Drop部431、432から出力された光ルー  
号は、光1+1プロテクションスイッチ430、光ルー  
ブバックスイッチ428、429を介して西側へ送出さ  
れる。

【0205】図46のOADMノードによりリングネットワークを構成した場合の例を図47に示す。図46のノードの西側のケーブルは、このノードで折り返し転送が行なわれない場合ならば、このノードで折り返し転送が行なわれる。東側の現用回線から入力された光信号は、そのまゝ現用の波長Add/Drop部431に入力され、そのまゝ現用の波長Add/Drop部431から出力された光Add信号は、光1+1プロテクションスイッチを介して光ルーブバックスイッチ428に入力されるが、西側へは送らず、東側へ送って東側へ送信される。一方、東側の予備回線から入力された光信号は、西側のケーブル切断等により、光ルーブバックスイッチ435によって、光ルーブバックスイッチ426に転送される。光ルーブバックスイッチ426は、転送してきた光信号を光1+1プロテクションスイッチ425を介して現用の波長Add/Drop部423に入力する。この光信号が現用の波長Add/Drop部423から出力されると、光1+1プロテクションスイッチ422、光ルーブバックスイッチ420を介して東側へ現用回線を使って送信される。

【206】図48のOADMノードAの動作が以上の説明に対応する。東側のケーブルがすべて使えなくなった場合は、上記説明と同様であって、ただし、光ループパケット428の動作を光ループバックスイッチ2420が、光ループバックスイッチ435と426の動作を光ループバックスイッチ427と434が行う。

【0207】図48のOADM/—NDの動作が以上の説明に対応する。4ファイバLSRRでは、現用の波長Add/Drp部の故障と伝送路の切断が同時に起こることがある。例えば、図49に示すように、現用の波長Add/Drp部423が故障し、同時に、現用の回路が同時に切断されたとする。このときは、向かいの現用回路から入力された光信号は、波長Add/Drp部431を介して光プロテ

クシヨンスイッチ430でバスが予備回線に切り換えられ、光ルーバックススイッチ429を介して西側へ送出される。一方、西側の現用回線から入力された光信号は、光1+1プロテクションスイッチ425で予備の波長Add/Drop部424に送られる。予備の波長Add/Drop部424から送出された光信号は、光1+1プロテクションスイッチ422によって、光ルーバックススイッチ420に送られ、現用回線を使って、東側へ送出される。

[図208] このように、伝送路の現用回線が使えなくなつた、あるいは現用の波長Add/Drop部が使用



れる。

【0214】また、図52に示すようにOADMノードの東側の伝送路が現用、予備共に使えなくなった場合には、上記と動作は同じであるが、光ループバックスイッチ450の動作を光ループバックスイッチ453が行い、光ループバックスイッチ446と449の動作を光ループバックスイッチ441と453が行う。

【0215】図53は、図50のOADMノードを用いてリングネットワークを構成した場合の図である。また、図54は、OADMノードAの西側でケーブル断が生じた場合の例を示す図である。この場合、OADMノードAでは、図51と同様にループバックスイッチ445、446、449、450が動作し、またOADMノードDでは図52と同様に、ループバックスイッチ441、442、453、454が動作する。

【0216】なお、図41～図53において説明した1～132の光信号は、北米SONET OC-192又はOC-48、OC-12等に対応したフレーム構成を有する。

【0217】図55は、光1+1プロテクションスイッチの構成例を示した図である。OADMノードは光1+1プロテクションスイッチによって冗長化がなされているが、光1+1プロテクションスイッチが故障した場合には、冗長化が機能しなくなるので、光1+1プロテクションスイッチそのものも冗長化しておくのが好ましい。

【0218】入力側から入力された光信号は、2×1カブラ460、461によってそれぞれ2分岐され、ゲートスイッチ462～465に投入される。ゲートスイッチ462～465は通過した光信号は、2×1カブラ466、467から出力側に出力される。2×1カブラ466と467の内、いずれかが故障した場合には、ゲートスイッチ462、463が、ゲートスイッチ464、465のいずれかを開いた状態にし、もう一方を閉じて、光信号を送り出すようにする。また、2×1カブラ460、461のいずれか一方が故障した場合には、ゲートスイッチ462、464が、ゲートスイッチ463、465のいずれかを開いた状態にし、もう一方を閉じて、光信号を送り出すようにする。

【0219】このように、ゲートスイッチ462～465を切り替えることによって、2×1カブラ460、461、466、467のいずれかが故障しても対応することができ。

【0220】図56は、光伝送路において、再生器をどのように挿入するかに関する考え方を説明する図である。図(a)に示されるように、光伝送路には、光アンプ470-1～470-4が設けられ、これら光アンプ470-1～470-4を所定数中継した後再生器471で光信号の再生を行う。

【0221】図(b)には、光アンプ470-1～4

70-4を中継される間の光信号のレベルの変化とSN比の劣化の様子を示している。図(a)に示されるように、光信号のレベルは光アンプ470-1～470-4でそれぞれ増幅され、伝送路を伝播するに従って減衰するということを繰り返している。従って、光信号のレベルのみに着目すれば、伝送路に適切な間隔で光アンプを配置しておけばよい。しかし、図(b)のSN比のグラフに示されるように、光アンプでは、光信号にASE (Amplified Spontaneous Emission) というノイズが積み重ねられていくので、SN比は徐々に悪化していく。SN比の劣化は、劣化すればするほど悪化の仕方が小さくなっていくが、そのような状態になると光信号の情報に正確に読み取ることができなくなってしまう。従って、SN比が悪くなりきらない内に、再生器471を使って光信号の再生を行わなくてはならない。再生器471は、受信した旋長多重された光信号を各波長に分離し、各波長毎に光受信器ORで光受信し、3R処理を行って電気信号を生成し、この電気信号で光送信器OSで光信号に変換して送出する。各波長毎に再生された光信号は互いに合波されて波長多重光信号として伝送路に再び送出される。

【0222】このような再生器471を設ける方法は、直線型のネットワークでは、所定数の光アンプを通過した、そこに再生器471を設けるようにすればよいが、リングネットワークであって、しかも冗長化がなされている場合には、予備のパスが使用された場合においても、所定数の光アンプを通過したら再生器を設けるように、再生器の配置を最適化する必要がある。一般に、5つ光アンプを通過した後、再生器を入れるとすると、予備のパスを使用した場合には上手く行かない場合が生じる。従って、5つの以下の光アンプ、例えば、3つを通過したら再生器を入れるようにする。これによれば、早めに光信号を再生することになり、また、高価で構成の複雑な再生器をより多くネットワークに組み込むことになるが、これは、ネットワークのパフォーマンスとコストを鑑みて最適化されるべきものである。

【0223】  
【発明の効果】本発明によれば、回路構成が簡単で、安価な任意波長型OADM装置及びシステムを構築することができ。

【図面の簡単な説明】  
【図1】AOTFを用いたOADM装置の基本的原理を示す図である。

【図2】実際のAOTFを使用したOADM装置を構成する場合の基本的構成例のブロック図である。

【図3】AOTFを使ったプロードキャスト対応のOADM装置の構成例を示すブロック図である。

【図4】OADM装置内のAOTF及び伝送路の冗長構成を示す原理的図である。

【図5】AOTFを使用したOADM装置の具体的構成

の第1の例を示す図(その1)である。

【図6】AOTFを使用したOADM装置の具体的構成の第1の例を示す図(その2)である。

【図7】AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の第2の例を示す図(その1)である。

【図8】AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の第2の例を示す図(その2)である。

【図9】AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の第3の例を示す図(その1)である。

【図10】AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の第3の例を示す図(その2)である。

【図11】AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の第4の例を示す図(その1)である。

【図12】AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の第4の例を示す図(その2)である。

【図13】アド光信号を生成するための光を供給するために使用されるレーザバンクの構成及び概念を説明する図である。

【図14】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その1)である。

【図15】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その2)である。

【図16】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その3)である。

【図17】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その4)である。

【図18】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その5)である。

【図19】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その6)である。

【図20】OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その7)である。

【図21】AOTFの構成を示す図である。  
【図22】図21のAOTFの透過特性を示した図である。

【図23】図21のAOTFを3段モノリシックに基板上に構成し、同一周波数のSAWで波長選択した場合の波長選択特性である。

【図24】AOTFの温度依存性に対する対応技術を示す図である。

【図25】共振器の温度依存性を示す図である。  
【図26】3段構成のAOTFの選択特性の隔らぎと隔らぎ防止対策を説明する図(その1)である。

【図27】3段構成のAOTFの選択特性の隔らぎと隔らぎ防止対策を説明する図(その2)である。

【図28】AOTF駆動回路の回路構成を示す第1の例を示す図である。

【図29】AOTFの駆動回路の回路構成を示す第2の例を示す図である。

【図30】OADM装置を含むOADMシステムのシス

テム設計を説明する図である。

【図31】OADM装置部分の分散補償のための構成を示す図である。

【図32】送信部、受信部、及びOADM装置のアド側、ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を示す図(その1)である。

【図33】送信部、受信部、及びOADM装置のアド側、ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を示す図(その2)である。

【図34】分散補償するための構成の変形例を示した図(その1)である。

【図35】分散補償するための構成の変形例を示した図(その2)である。

【図36】分散補償するための構成の変形例を示した図(その3)である。

【図37】分散補償するための構成の変形例を示した図(その4)である。

【図38】分散補償と波形状劣化特性について示した図(その1)である。

【図39】分散補償と波形状劣化特性について示した図(その2)である。

【図40】位相マージンが70%以上である場合の分散トレランスを示した図である。

【図41】2ファイバBLSRのOADMノードの構成を示した図である。

【図42】2ファイバBLSRのOADMノードのプロテクションパスを説明する図(その1)である。

【図43】2ファイバBLSRのOADMノードのプロテクションパスを説明する図(その2)である。

【図44】OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの正常時の構成を説明する図である。

【図45】OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

【図46】4ファイバBLSRのOADMノードの構成を示す図である。

【図47】OADMノードを備えた4ファイバBLSRネットワークの正常時の構成を説明する図である。

【図48】OADMノードを備えた4ファイバBLSRネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

【図49】OADMノードを備えた4ファイバBLSRネットワークのノード障害・光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

【図50】1つのファイバで両方向伝送を行うシステムにおける2ファイバBLSRのノード構成である。

【図51】2ファイバBLSRネットワークに双方向OADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説明する図(その1)である。

【図52】2ファイバBLSRネットワークに双方向O



ADMノードを適用した場合のプロテクションパスを説明する図(その2)である。

【図53】双方向OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの正常時の構成を説明する図である。

【図54】双方向OADMノードを備えた2ファイバBLSRネットワークの光ケーブル断線時の構成を説明する図である。

【図55】光1+1プロテクションスイッチの構成例を示した図である。

【図56】光伝送路において、再生器をどのように挿入するかに関する考え方を説明する図である。

【図57】光スイッチを用いた光ADM(OADM)装置の構成の一例を示した図である。

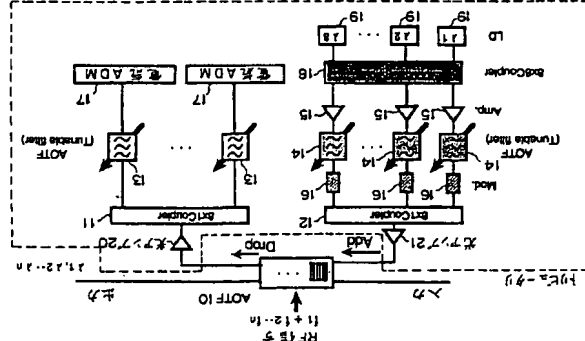
【符号の説明】

- 10、13、14、31、32、42、43、140、143、180、182、196、200 AOT
- 11、12 8×1カブラ
- 15、20、21、30、34、40、45、136、137 光アンプ
- 16、50、197 (光) 変調器
- 17 電気ADM
- 18 8×8カブラ
- 19、139 レーザダイオード
- 33、35、36、41、44、46、47、142、181、190、191、194、195、199、201 光カブラ
- 37、48、49 波長選択フィルタ(AOTF)
- 60~63 1×2スイッチ
- 130、202 レーザバンク
- 131 分配器
- 132 チューナブルフィルタ
- 133、192 (光) スペクトルモニタ

- 135 外部変調器
- 138 合波器
- 141 RF信号発生器
- 144、184 光受信器
- 183 10:1カブラ
- 185、198 フォトダイオード(PD)
- 186、203 トラッキング回路
- 193 OADM装置制御CPU
- 204 1×4光スイッチ
- 240 発振回路
- 241 周波数カウンタ
- 242 駆動回路
- 340、361 光スイッチまたは光カブラ
- 341、350、360、371 光スイッチ
- 362、370 光カブラ
- 410、414、415、419 1×2カブラ
- 411、413、416、418、420、421、426、427、428、429、434、435、441、442、445、446、449、450、453、454 光ルーババックスイッチ
- 412、417 OADM装置
- 422、425、430、433 光1+1プロテクションスイッチ
- 423、431、443、444 (現用) OADM装置
- 424、432、451、452 (予備) OADM装置
- 440、447、448、455 BD-WDMカブラ
- 460、461、466、467 2×1カブラ
- 462~465 ゲートスイッチ
- 470~1~470-4 光アンプ
- 471 再生器

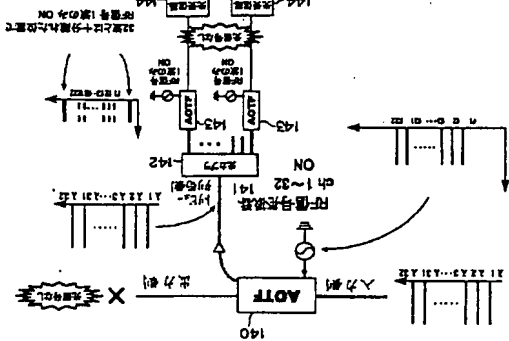
【図1】

AOTFを用いたOADM装置の基本的原理を示す図



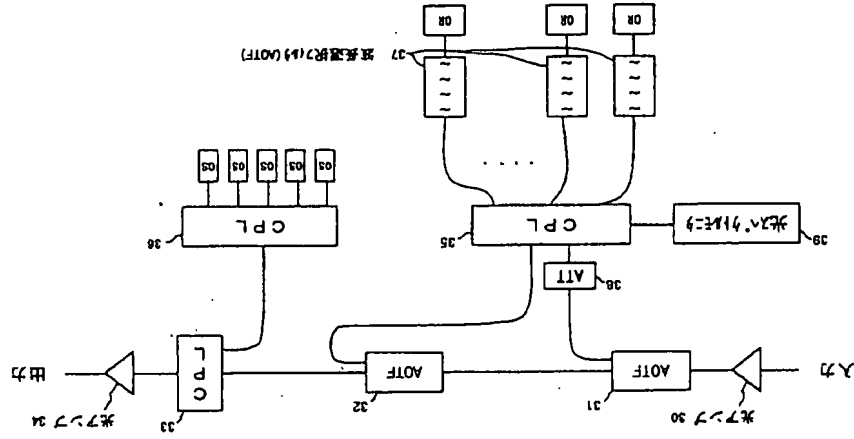
【図14】

OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その1)



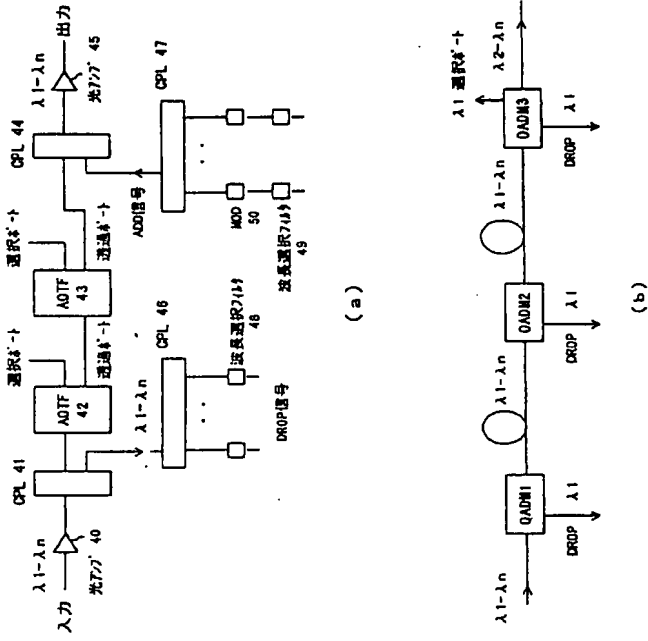
【図2】

実際のAOTFを使用してOADM装置を構成する場合の基本的構成例のブロック図



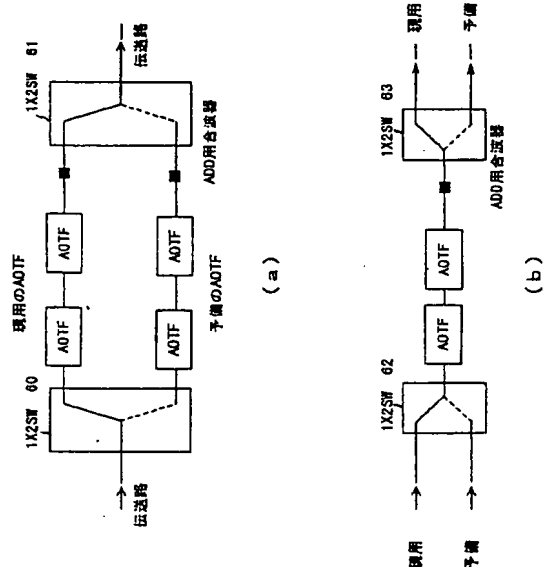
【図3】

AOTFを使ったブロードキャスト対応のOADM装置の構成例を示すブロック図



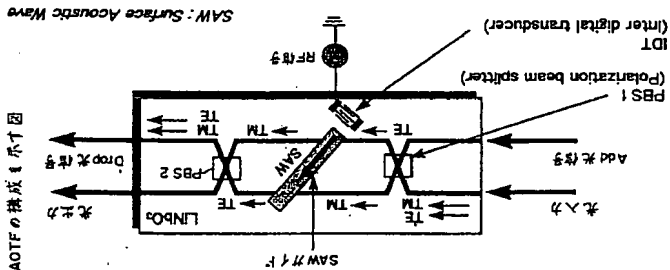
【図4】

OADM装置内のAOTF及び伝送路の  
冗長構成も示す原理図



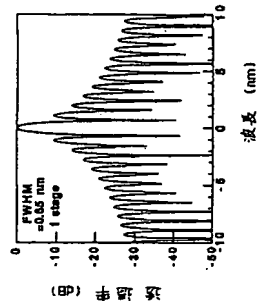
【図21】

AOTFの構成も示す図



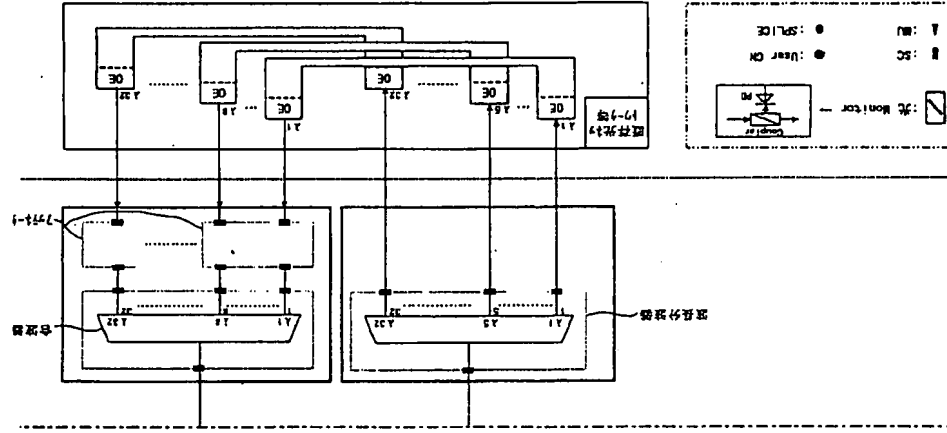
【図22】

図21のAOTFの透過特性を示した図



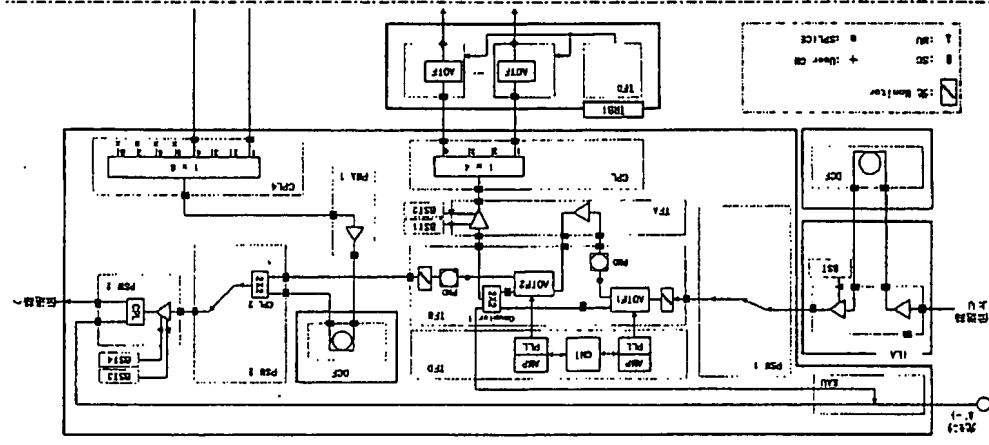
【図6】

AOTFを使用したOADM装置の具体的構成の  
第1の例を示す図(その2)



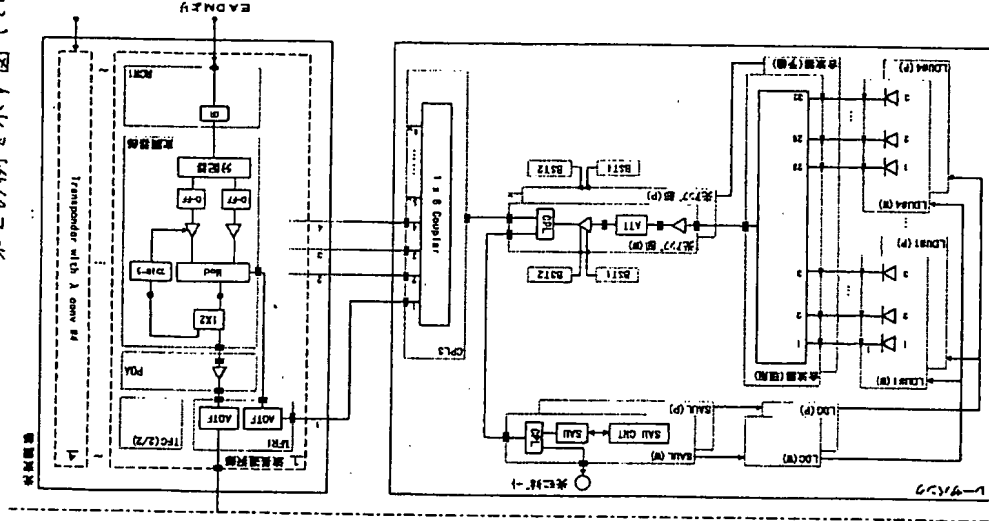
【図7】

AOTFを用いたOADM装置の具体的構成の  
第2の例を示す図(その1)



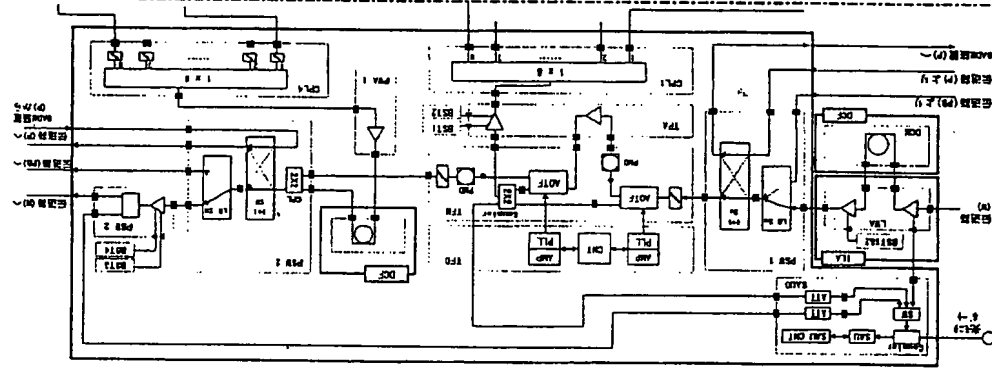
【図8】

AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の  
第2の例を示す図（その2）



【図9】

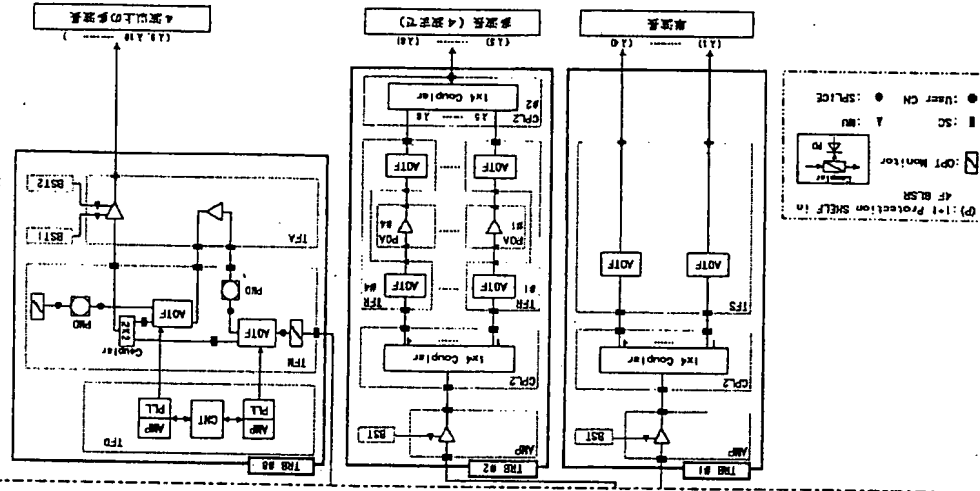
AOTFを用いたOADM装置の具体的な構成の第3の例を示す図  
（その1）





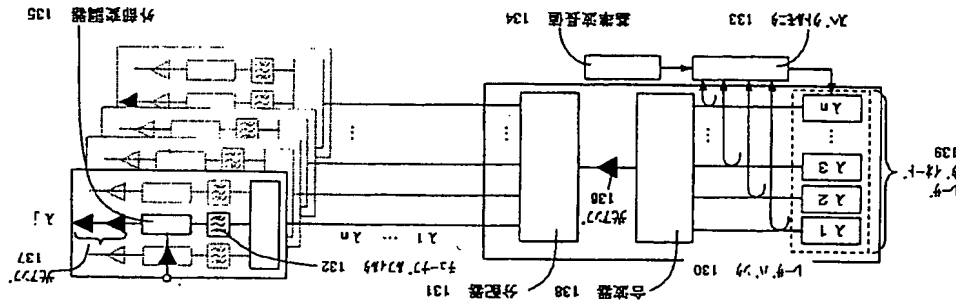
【図12】

AOTFを使ったOADM装置の具体的構成の  
第4の例を示す図 (その2)



【図13】

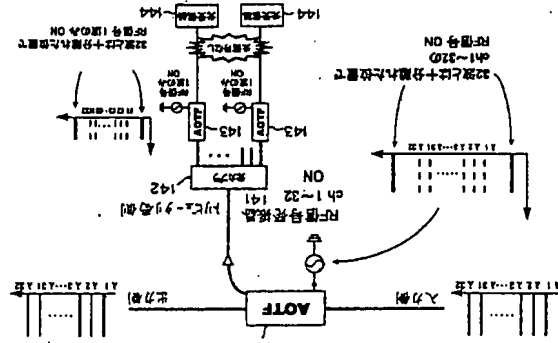
アド光信号を生成するための光を供給するために  
使用されるレーザバンクの構成及び概念を説明する図





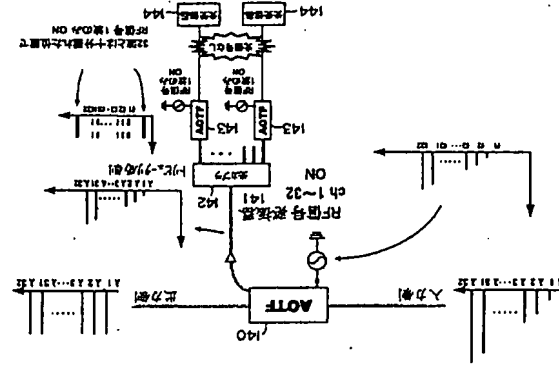
【図15】

QADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その2)



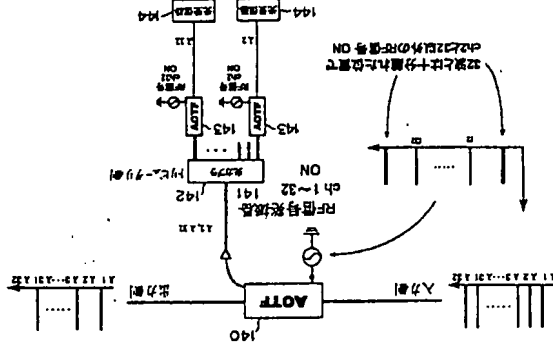
【図16】

QADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その3)



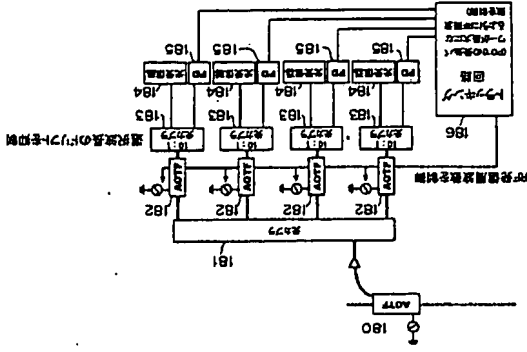
【図17】

QADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その4)



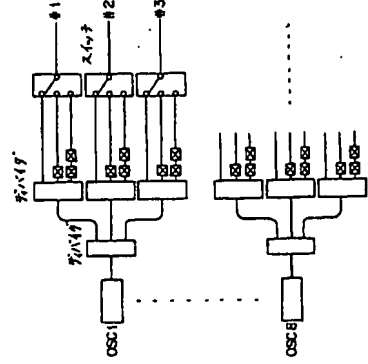
【図18】

QADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図(その5)



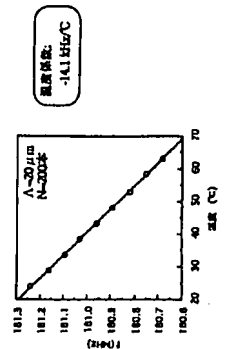
【図29】

AOTFの駆動回路の概略構成を示す第2の例を示す図



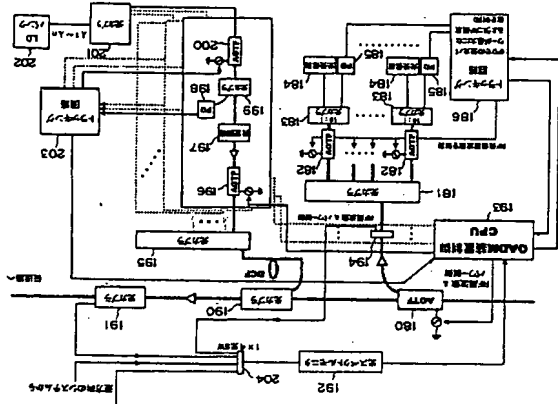
【図25】

共振器の温度依存性を示す図



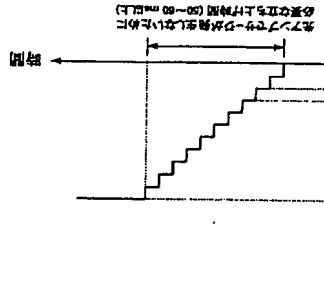
【図19】

OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図 (その6)



【図20】

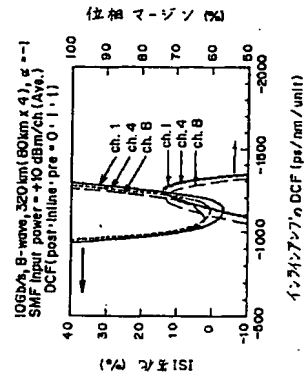
OADM装置におけるドロップ用AOTFの制御方法を説明する図 (その7)



【図28】

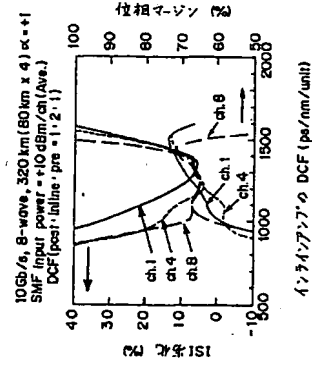
AOTF駆動回路の概略構成も亦1第1の例も本1図

分散補償と波形状化特性について示す図 (その1)



【図38】

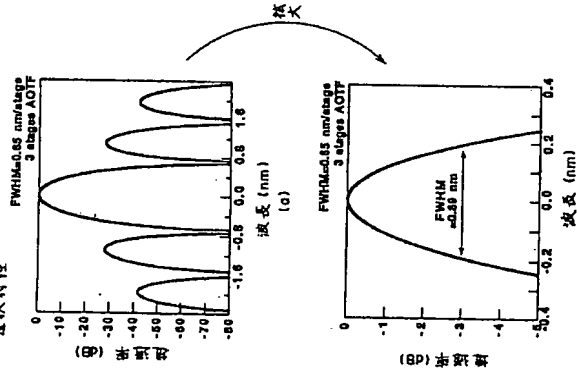
分散補償と波形状化特性について示す図 (その2)



【図39】

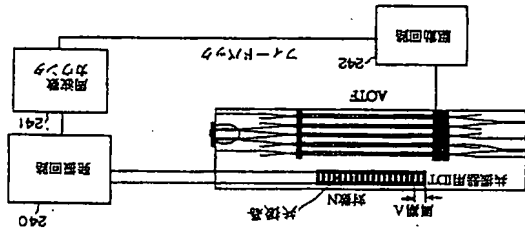
【図23】

図21のAOTFを3次元モリフィックに基板上に構成し、同一周波数のSAWで減衰低減した場合の減衰量特性



【図24】

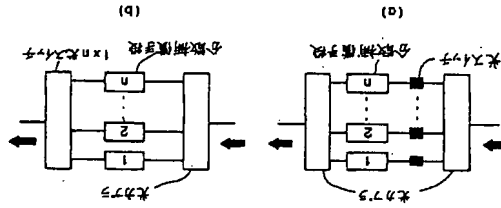
AOTFの温度依存性に対する対応技術の説明する図





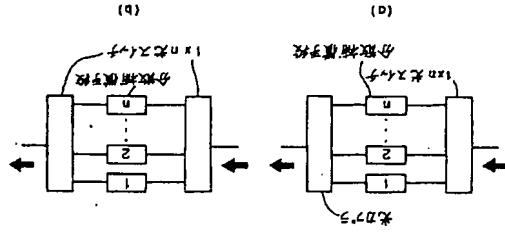
【図 32】

送信部、受信部、及び OADM 装置の 7F 側、  
ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を  
示す図 (その 1)



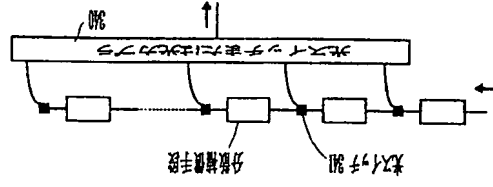
【図 33】

送信部、受信部、及び OADM 装置のアド  
ドロップ側に設けられる分散補償手段の構成例を  
示す図 (その 2)



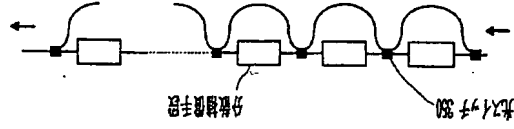
【図 34】

分散補償手段の構成の変形例を示す図  
(その 1)



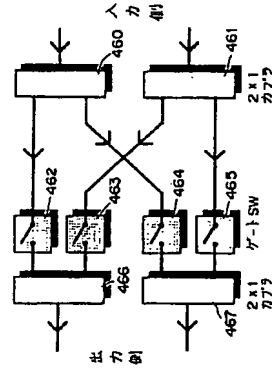
【図 35】

分散補償手段の構成の変形例を示す図  
(その 2)



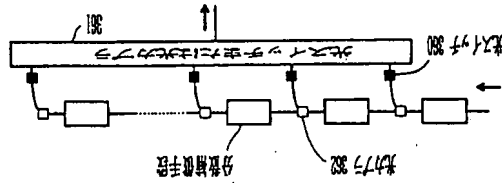
【図 55】

光 1+1 プロテクトジョンソンスプリッタの構成例を示す図



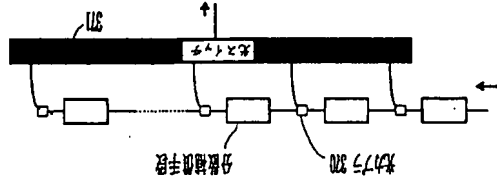
【図36】

分散補償手段の構成の变化例を示した図  
(その3)



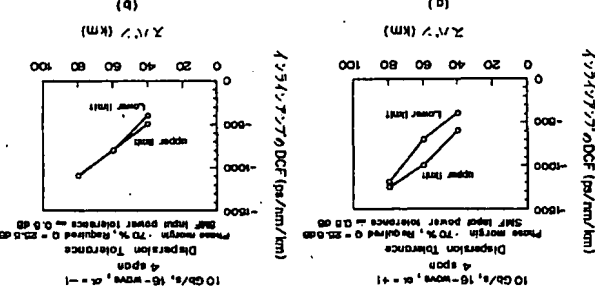
【図37】

分散補償手段の構成の变化例を示した図  
(その4)



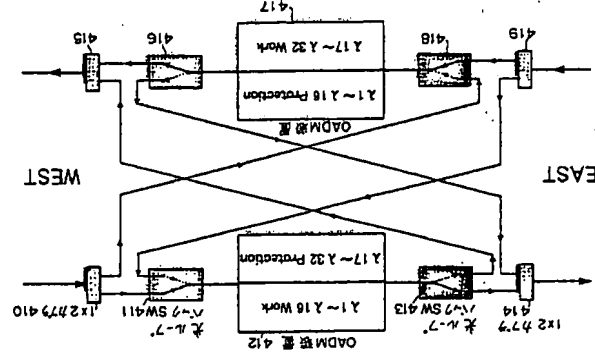
【図40】

位相マージンが70%以上となる場合の  
分散補償手段を示した図



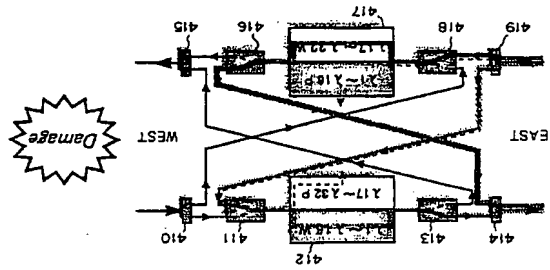
【図41】

27チャネルBLSRのOADMノードの構成を示した図



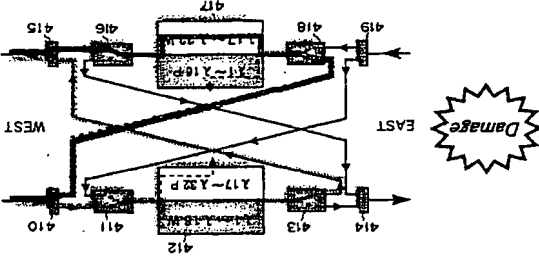
【図42】

274バBLSRのOADMノードの  
707クシバスを説明する図 (401)



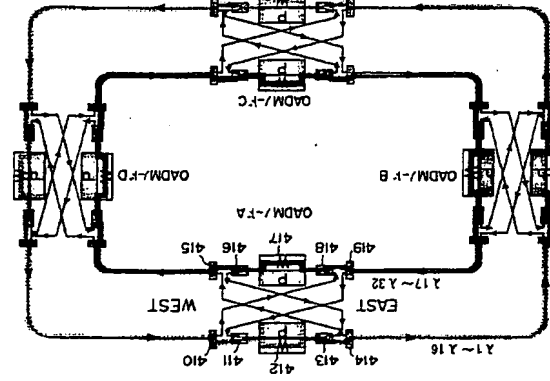
【図43】

274バBLSRのOADMノードの  
707クシバスを説明する図 (402)



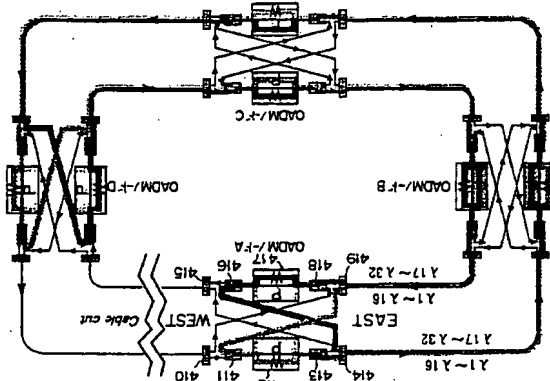
【図44】

OADMノードを備えた274バBLSRネットワークの  
正常時の構成を説明する図



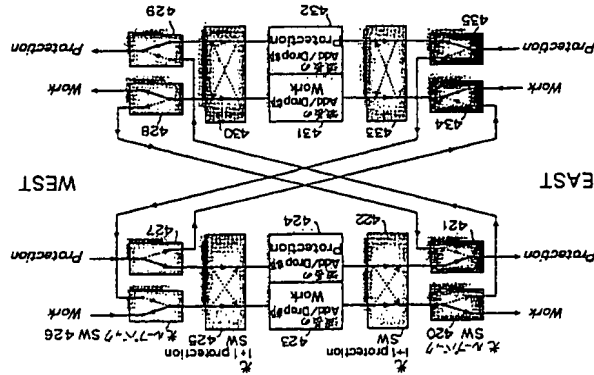
【図45】

OADMノードを備えた274バBLSRネットワークの  
光ケーブル断線時の構成を説明する図



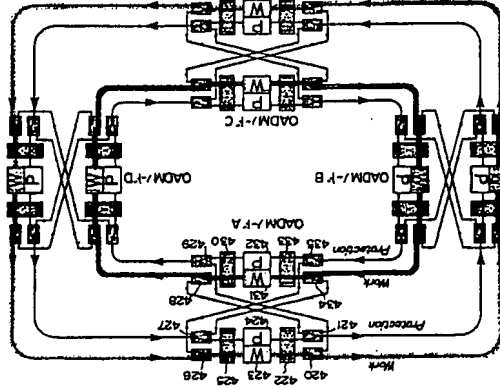
【図46】

4774V-BLSRのOADMノードの構成を示す図



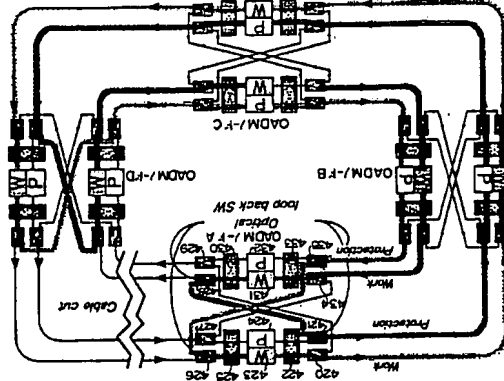
【図47】

OADMノードを備えた4774V-BLSRネットワークの  
正常時の構成を説明する図



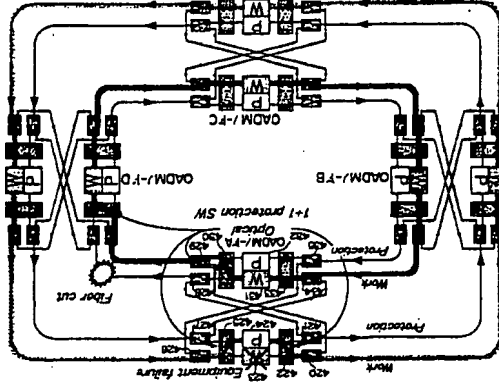
【図48】

OADMノードを備えた4774V-BLSRネットワークの  
光ケーブル断線時の構成を説明する図



【図49】

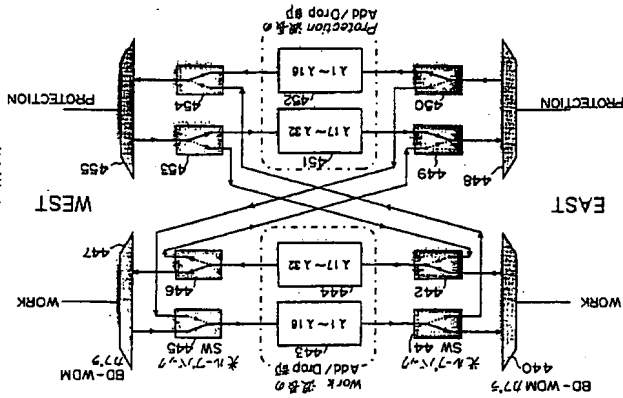
OADMノードを備えた4774V-BLSRネットワークの  
ノード障害・光ケーブル断線時の構成を説明する図





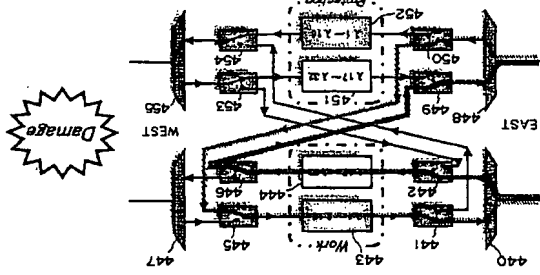
【図50】

1つのファイバで両方向伝達を行うシステムにおける  
2ファイバBLSRのノード構成



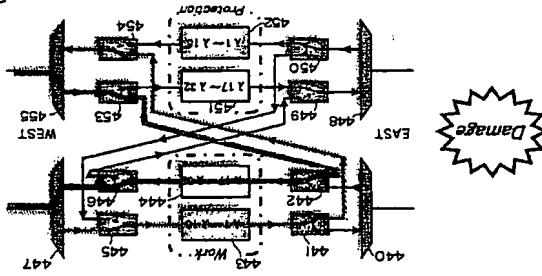
【図51】

2ファイバBLSRネットワークに双方向OADMノードを  
適用した場合のプロテクションパスを説明する図  
(1)



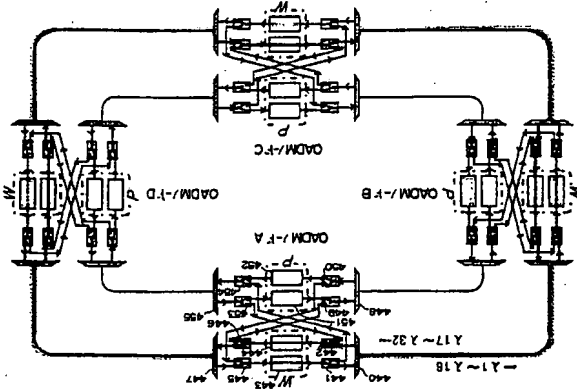
【図52】

2ファイバBLSRネットワークに双方向OADMノードを  
適用した場合のプロテクションパスを説明する図  
(2)



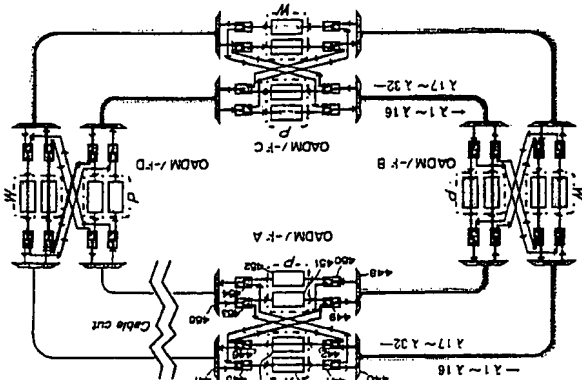
【図53】

双方向 OADM ノードを構成した 2ファイバ  
BLSR ネットワークの正常時の構成を説明する図



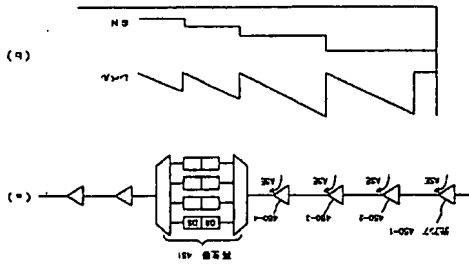
【図54】

双方向OADMノードを備えた2ポートBLSRリングの  
光ケーブル接続時の構成を説明する図



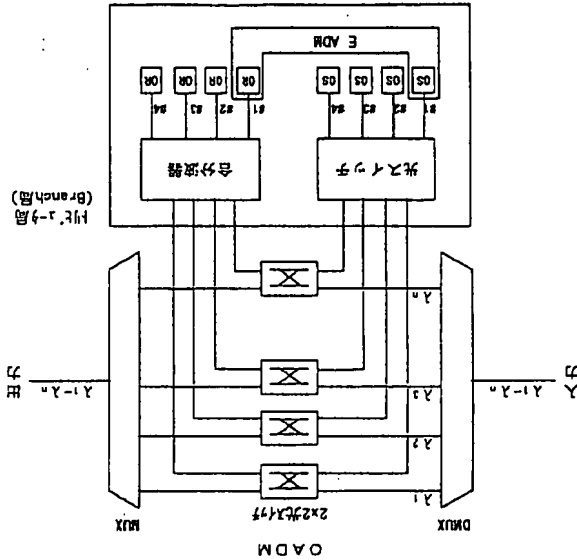
【図56】

光伝送路において、再生器をこのように  
挿入する際の構成を説明する図



【図57】

光スイッチを用いた光ADM (OADM) 装置の  
構成の一例を示した図



フロントページの続き

F I

識別記号

(51) Int. Cl.  
H 0 4 J 14/02

(72) 発明者 大塚 和恵

神奈川県川崎市中原区小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 甲斐 雄高

神奈川県川崎市中原区小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 中沢 忠雄

神奈川県川崎市中原区小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 近岡 輝英

神奈川県川崎市中原区小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内